LA INDUSTRIA 4.0
EN LAS EMPRESAS MANUFACTURERAS DE MÉXICO





AMIDI
Academia Mexicana
de Investigación y Docencia
en Innovación

Gonzalo Maldonado Guzmán
Sandra Yesenia Pinzón Castro

LA INDUSTRIA 4.0 EN LAS EMPRESAS MANUFACTURERAS DE MÉXICO

Gonzalo Maldonado Guzmán
Sandra Yesenia Pinzón Castro

LA INDUSTRIA 4.0 EN LAS EMPRESAS MANUFACTURERAS DE MÉXICO

Primera edición 2023



Universidad Autónoma de Aguascalientes
Av. Universidad 940
Ciudad Universitaria
C.P. 20100
Aguascalientes, Ags.
editorial.uaa.mx

AMIDI
Av. Paseo de los virreyes 920
Col. Virreyes Residencial
C.P. 45110
Zapopan, Jalisco
direccion@amidi.mx

Gonzalo Maldonado Guzmán
Sandra Yesenia Pinzón Castro

e-ISBN UAA: 978-607-8909-71-1
e-ISBN AMIDI: 978-607-59567-6-3
Hecho en México / Made in Mexico







Índice

Prólogo

El aumento exponencial en la demanda global de productos para satisfacer a una sociedad de más de ocho mil millones de personas está generando un aumento exponencial de materias primas, provocando con ello una degradando cada vez mayor del medioambiente y un aumento en el calentamiento global, a través de la liberación de millones de toneladas de CO_2 y otros gases contaminantes a la atmósfera. Por ello, investigadores, académicos, empresarios y profesionales de la industria han hecho un llamado para realizar un cambio en el paradigma de la producción industrial, que permita la fabricación de eco-productos que incorporen en los procesos productivos materiales reciclables, así como el uso de energías renovables y el agua tratada, con lo cual se podría caminar de la mano

con la mejora del medioambiente y el desarrollo sustentable y no descuidar la demanda en los patrones de consumo que exige la sociedad global.

Bajo este contexto, la Industria 4.0 aparece en la literatura como un nuevo paradigma que puede ayudar a las empresas manufactureras a lograr las metas en la mejora medioambiental y del desarrollo sustentable. Sin embargo, existen diversas barreras que están frenando la adopción y aplicación de la Industria 4.0 en las empresas de los diversos sectores industriales, particularmente en la industria manufacturera de México, entre las que destacan los elevados costos de su implementación; la escasa colaboración entre las empresas en la cadena de proveeduría; la falta de habilidades duras y blandas del personal y la deficiencia en los servicios e infraestructura industrial. Así, la Industria 4.0 requiere de la coordinación de la aplicación de las distintas tecnologías digitales que la integran con distintos proveedores en diferentes localidades, por lo cual se requiere de una amplia red de internet que permita la conexión de recursos, información, objetos y personas a la misma vez.

El objetivo central de la Industria 4.0 es la generación de una empresa inteligente que conecte todas aquellas actividades empresariales que generen valor (integración horizontal), a través de la integración digital de los procesos de producción desde la producción hasta el consumo de los productos, y se genere un intercambio de información en tiempo real entre los sistemas de producción y la gestión de las empresas (integración vertical). En términos generales, la Industria 4.0 es considerada por la comunidad científica y académica como una filosofía de gestión que conecta a la misma vez y en tiempo real todos los recursos de los sistemas de producción, tales como productos, maquinaria, objetos, empleados, directivos y clientes de tal manera que permite un intercambio automatizado de información. En otras palabras, la creación de empresas inteligentes que manufacturen productos inteligentes con tecnologías inteligentes, con un sistema de producción flexible que pueda ser configurado a las nuevas circunstancias en la reducción del tiempo de producción.

Gonzalo Maldonado Guzmán

Introducción

Actualmente, el planeta está padeciendo un serio problema medioambiental en tres aspectos sustanciales: económico, medioambiental y social (Bulkeley & Betsill, 2005; Industrial Development Report, 2018), ya que hoy en día habitamos este planeta llamado "*Tierra*" un poco más de ocho mil millones de personas, de las cuales mil millones se encuentran en una pobreza extrema y, al mismo tiempo, se incrementa cada vez más la brecha de la inequidad de la riqueza (Bag & Christiaan, 2022). Además, el aumento exponencial en el consumo de productos está generando una fuerte crisis socioeconómica a nivel mundial, la cual está poniendo en riesgo la propia vida en este planeta (Bag & Christiaan, 2022), pues la sociedad no solamente tiene que actuar para tratar de cubrir el consumo mundial de alimentos, sino también prever que en menos de tres décadas (año 2050), la población mundial tocará la barrera de los diez mil millones de personas (World Economic and Social Survey, 2013; Industrial Development Report, 2018).

En este sentido, el incremento exponencial en demanda del consumo de bienes y servicios de la población mundial está generando no solamente un aumento en la producción de artículos, sino también en la creación de más empresas en todos los países del orbe. Este nuevo sistema de producción está causando serios problemas ecológicos, al incrementarse la demanda de materiales y materias primas no renovables en la producción de productos no sustentables y, como consecuencia de ello, el incremento de los residuos industriales en los vertederos derivados de las actividades industriales y el agravamiento en la fabricación de productos desechables (Dubey *et al.*, 2014). Por lo tanto, en la literatura se considera que uno de los caminos más viables para erradicar este problema es caminar de la mano con el desarrollo sustentable, ya que los cambios en los patrones de consumo y producción pueden ayudar a mejorar el medioambiente (Dubey & Bag, 2013; Industrial Development Report, 2018).

Bajo este contexto, la manufactura sustentable aparece en la actual literatura como un nuevo paradigma que es esencial en la industria manufacturera, para lograr las metas del desarrollo sustentable (Blunck & Werthmann, 2017). Sin embargo, existen diversas barreras que están frenando la adopción, implementación y crecimiento del desarrollo sustentable, entre las más importantes se encuentran los elevados costos de su implementación; la complejidad de la cadena de proveeduría; la nula cooperación entre las empresas; información inadecuada para la mejora de los procesos productivos; falta de habilidades blandas y duras de los empleados y trabajadores de las empresas manufactureras; calidad deficiente de productos y servicios; largo plazos de entrega de los productos; y los altos costos involucrados en la totalidad de los procesos de adopción e implementación al interior y exterior de las organizaciones en su conjunto (Jaeger & Upadhyay, 2020).

Estos desafíos se pueden superar sin lugar a dudas con la adopción e implementación de la Industria 4.0, no sólo en aquellas empresas dedicadas a la manufactura, sino también en las empresas de servicios (Stock & Seliger, 2016; Nascimento *et al.*, 2019), ya que la adopción de la Industria 4.0, puede generar no solamente empresas inteligentes, también puede ayudar a los directivos en la programación y ejecución adecuada de las tareas laborales que impacten en una disminución significativa de recursos y costos en las actividades de producción (Kusiak, 2018; Yao *et al.*, 2019). Por ello, este tipo de acciones pueden conducir a una adaptabilidad de la producción de artículos, en función de la disponibilidad de recursos naturales, lo cual podría generar, adicionalmente, una reducción significativa en los costos medioambientales (Bag & Christiaan, 2022).

Asimismo, la Industria 4.0 tiene una serie de principios que ayudan a mejorar a las empresas manufactureras en su conjunto, entre ellos está la interoperabilidad, descentralización, virtualización, capacidades en tiempo real, modulari-

dad y orientación al servicio (Bag & Christiaan, 2022). Así, la interoperabilidad usualmente ayuda a las empresas manufactureras a establecer un ciclo de vida mucho más largo de la maquinaria y equipo y una reducción en la generación de residuos industriales, mientras que descentralización puede ayudar a las organizaciones a mejorar el uso de recursos naturales locales y el avance en la utilización de los recursos disponibles. También, la virtualización puede apoyar a las empresas a reducir los residuos industriales, alentar las prácticas medioambientales e incrementar las actividades de reciclaje de materiales.

Además, el intercambio de información en tiempo real ayuda a las empresas a ajustarse a la demanda de bienes y servicios, así como a eficientar la utilización de los recursos disponibles en las empresas y a una cadena de suministro rápida y eficiente; mientras que la modularidad ayuda a las organizaciones a mejorar el uso de los recursos industriales, a incrementar el ciclo de vida de la maquinaria y equipo y; finalmente, la orientación al servicio puede auxiliar a las organizaciones a mejorar la entrega de los productos terminados, así como a incrementar el reciclaje y reúso de los materiales en la producción de nuevos productos (Carvalho *et al.*, 2018). Por ello, la Industria 4.0 generalmente es considerada por la comunidad científica, académica y empresarial como uno de los activos más valiosos para que los directivos de las empresas manufactureras puedan tomar mejores decisiones (Arunachalam *et al.*, 2018; Brinch *et al.*, 2018).

Adicionalmente, la Industria 4.0 tiene diversos beneficios para las empresas manufactureras que han tomado la decisión de adopción e implementación, entre los más importantes se encuentran la toma de decisiones mejor informadas, una mayor visibilidad en el mercado en el que participan, reducción de los riesgos en logística, mayor poder de negociación con los principales socios comerciales, un poder superior en la relación con clientes y proveedores, un incremento sustancial en la eficiencia de la cadena proveeduría, una mayor planeación de la demanda, un incremento significativo en las ventas de bienes y servicios, una mayor habilidad en la planeación de las operaciones de producción y una mejora en la agilidad en las entregas de los bienes y servicios (Schoenherr & Speier-Pero, 2015; Zhang *et al.*, 2017), los cuales motivan a las organizaciones a su adopción e implementación.

Metodología

En la literatura es común encontrar que las comunidades científica, académica, empresarial y gubernamental, consideran que la medición de la Industria 4.0 es primordial ya que de ello dependerá esencialmente el análisis y los resultados obtenidos. Por ello, para la obtención de la información de la Industria 4.0 en las organizaciones que pertenecen a la manufactura de México, se aplicó un cuestionario a los directivos de las compañías seleccionadas. El desarrollo del cuestionario fue posible a través de una extensa revisión de la literatura, encontrando que la escala desarrollada por Bag *et al.* (2021) era la más adecuada para la medición de la Industria 4.0, particularmente porque la midieron mediante siete tecnologías: (1) *cloud computing* (almacenamiento en la nube); (2) ciberseguridad; (3) análisis de *big data* (macrodatos); (4) soluciones avanzadas de manufactura; (5) realidad aumentada; (6) herramientas de simulación e; (7) impresión 3D, las cuales fueron medidas con una escala Likert de 5 puntos (1 = completamente en desacuerdo a 5 = completamente de acuerdo).

Igualmente, para la decisión del tamaño de la muestra se consideró factible la utilización del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), el cual tenía en 2021 un registro de 38,583 empresas manufactureras de todos los subsectores con más de 10 empleados (INEGI, 2021). Además, es importante señalar que las empresas manufactureras registradas en el DENUE pertenecen a diversos organismos empresariales nacionales e internacionales, por lo cual la investigación realizada no se orientó en un organismo en particular. Así, con el objetivo de que la muestra fuese representativa de la población objeto de estudio, se consideró un error de estimación del ±5% y un nivel de confianza del 95%, obteniendo una muestra de 300 empresas las cuales fueron seleccionadas mediante un muestreo aleatorio simple, y aplicando la encuesta en los meses de abril a diciembre de 2021, obteniendo muestra final de 304 empresas manufactureras.

Además, el tamaño de las empresas manufactureras que participaron en el estudio empírico se delimitó prácticamente tomando en cuenta el subsector y número de empleados que tenían las empresas, generando tres grupos básicos: pequeñas, medianas y grandes empresas, los cuales están en línea con la clasificación oficial que se tiene actualmente en México, y es la clasificación que generalmente se utiliza en la literatura científica. Para la selección de la muestra se consideró pertinente la inclusión solamente de las empresas manufactureras de los subsectores automotriz, aeronáutica, metalmecánica, química y textil, que son los más representativos de la industria manufacturera en México, además de que en conjunto estos cinco subsectores aportan más del 85% del PIB total de la industria manufacturera, generan un poco más del 90% del total de las exportaciones del país y reciben un poco más del 80% del total de la inversión extranjera directa del país (INEGI, 2023).

Adicionalmente, el objetivo de esta investigación es analizar hasta qué punto las empresas manufactureras de México aplican actualmente las actividades que integran la Industria 4.0, para lo cual no solamente se considerará la información proporcionada por los gerentes de las empresas mediante la aplicación del cuestionario, sino también la información de las páginas web de las empresas y de los cinco subsectores industriales, ello con el objeto de contrastar la información cualitativa (cuestionario) con la información cuantitativa (datos duros de la industria). Finalmente, considerando la información obtenida así como el tamaño y antigüedad de las empresas como factores de segmentación de la información, el análisis estadístico y las pruebas de hipótesis utilizadas se ajustarán a las siguientes características:

Para las preguntas de segmentación establecidas en el cuestionario y que son variables nominales (no métricas), se utilizarán tablas de frecuencia y

un análisis porcentual mediante la prueba de χ^2 de Pearson, para verificar la correlación de las variables.

Para las preguntas de segmentación que estén categorizadas como variables ordinales (no métricas), se utilizarán tablas cruzadas mediante el análisis de la corrección de Yates de la prueba de χ^2 de Pearson, con la finalidad de presentar resultados más robustos.

Con respecto a las preguntas de segmentación que estén categorizadas como variables métricas, se utilizará el análisis de la varianza de un factor (ANOVA) mediante la prueba de *t* de Student, con el objetivo de analizar las diferencias de medias entre las variable seleccionadas.

Con la finalidad de que los lectores tengan una mayor claridad de la información de las organizaciones que integran la muestra, se presentarán en las siguientes tablas los estadísticos descriptivos, dividiéndolos en dos apartados: los estadísticos descriptivos referentes a las empresas manufactureras y los estadísticos que describen las características principales de los gerentes de las empresas manufactureras que fueron encuestadas.

Tabla 1. Tamaño de la empresa

Variables	*Frecuencia*	*Porcentaje*
Pequeñas empresas	20	6.6
Medianas empresas	138	45.4
Grandes empresas	146	48.0
Total	**304**	**100%**

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 1 exhibe el tamaño de las empresas manufactureras en cada una de las tres variables de empresas pequeñas, empresas medianas y grandes empresas, y se puede observar que 146 empresas manufactureras, que representan el 48%, son consideradas como grandes empresas (empresas con más de 250 trabajadores), 138 empresas manufactureras, que representan el 45.4%, son medianas empresas (empresas entre 51 y 250 trabajadores), y las restantes 20 empresas manufactureras, que representan el 6.6%, son pequeñas empresas (empresas entre 10 y 50 trabajadores). Por lo tanto, es posible establecer que alrededor de 5 de cada 10 empresas que participaron en la muestra son catalogadas como grandes.

Tabla 2. Antigüedad de la empresa

Variables	*Frecuencia*	*Porcentaje*
Empresas jóvenes (0 a 10 años)	110	36.2
Empresas maduras (más de 10 años)	194	63.8
Total	**304**	**100%**

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la antigüedad de las empresas manufactureras, la Tabla 2 establece que 194 empresas, que representan 63.8%, son consideradas como *empresas maduras* (empresas con más de 10 años de existencia), mientras que las restantes 110 compañías, que representan el 36.2%, son consideradas como *empresas jóvenes* (empresas con igual o menos de 10 años de existencia). Por ello, es posible establecer que un poco más de 6 de cada 10 empresas manufactureras en México son consideradas como empresas maduras que tienen cierta estabilidad en el mercado.

Tabla 3. Antigüedad del gerente de la empresa.

Variables	*Frecuencia*	*Porcentaje*
1 a 5 años	109	35.9
6 a 10 años	99	32.6
11 a 15 años	35	11.5
16 a 20 años	19	6.3
21 a 25 años	15	4.9
Más de 25 años	27	8.9
Total	**304**	**100%**

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la antigüedad del gerente de las empresas manufactureras, la Tabla 3 establece que 109 empresas, que representan 35.9%, el gerente tiene entre 1 a 5 años de experiencia en la gerencia, mientras que en 99 empresas, que representan el 32.6%, tiene una antigüedad de 6 a 10 años, seguida de 35 empresas manufactureras que, representan el 11.5%, en las cuales tiene una antigüedad de 11 a 15 años y, finalmente, solamente en 27 empresas manufactureras, que representan el 8.9%, el gerente de la empresa tiene una antigüedad de más de 25 años. Por esta razón, es posible establecer que, en alrededor de

6 de cada 10 empresas manufactureras establecidas en México, los gerentes tienen un promedio de antigüedad en las mismas de 5 años.

Tabla 4. Tipo de industria

Variables	*Frecuencia*	*Porcentaje*
Automotriz	80	26.3
Aeronáutica	64	21.1
Metalmecánica	62	20.4
Química	50	16.4
Textil	48	15.8
Total	**304**	**100%**

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 4 muestra los 5 diferentes subsectores que se analizaron de acuerdo con el tipo de industria, y se puede apreciar que 80 empresas manufactureras que representan el 26.3% pertenecen a la industria automotriz, seguida de la industria aeronáutica que tiene 64 empresas manufactureras y representa el 21.1% del total, mientras que la industria metalmecánica cuenta con 62 empresas que representan el 20.4% del total, seguida de la industria química que cuenta con 50 empresas que representan el 16.4% y, finalmente, la industria textil que tiene 48 empresas que representan el 15.8% del total. Por lo tanto, es posible establecer que se buscó que la muestra fuera de similar tamaño entre los cinco subsectores de la industria manufacturera de México.

Tabla 5. ¿El control mayoritario de su empresa es familiar?

Variables	*Frecuencia*	*Porcentaje*
No	189	62.2
Sí	115	37.8
Total	304	100%

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 5 exhibe que, de acuerdo con el control familiar de las empresas, 189 de ellas que representan el 62.2%, son consideradas como empresas *no familiares* (más del 50% del capital de la empresa no pertenece a una sola familia), mientras que las 115 empresas manufactureras restantes, que representan el 37.8%, sí son consideradas como empresas familiares (más del 50%

del capital de la empresa pertenece a una sola familia). En consecuencia, es posible establecer que un poco más de 6 de cada 10 empresas manufactureras asentadas en México no son empresas que pertenezcan a una sola familia.

Tabla 6. ¿Los puestos de dirección están ocupados mayoritariamente por miembros de la familia?

Variables	*Frecuencia*	*Porcentaje*
No	191	62.2
Sí	113	37.8
Total	304	100%

Fuente: Elaboración propia.

En referencia a si los puestos de dirección de las compañías manufactureras están ocupados mayoritariamente por miembros de la familia, la Tabla 6 muestra que 191 empresas, que representan el 62.2%, no tienen dentro de sus puestos de dirección a miembros de una sola familia, mientras que las restantes 113 empresas manufactureras, que representan el 37.8%, los puestos de dirección sí son ocupados en su mayoría por algún integrante de una sola familia. Por lo que, es posible establecer que, en 6 de cada 10 empresas manufactureras en México, los puestos de dirección no los ocupan miembros de una sola familia.

Tabla 7. El género del director general de su empresa es:

Variables	*Frecuencia*	*Porcentaje*
Masculino	215	70.7
Femenino	89	29.3
Total	304	100%

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 7 muestra que, con respecto al género de director general de las empresas, en 215 empresas manufactureras, que representan el 70.7%, el género del director general es masculino, mientras que las restantes 89 empresas manufactureras, que representan el 29.3%, manifestaron que el género del gerente general es femenino. Por ello, es posible establecer que 7 de cada 10 empresas manufactureras en México son gestionadas por gerentes varones, es decir, las empresas manufactureras en México prefieren la contratación de gerentes hombres antes que gerentes mujeres.

Tabla 8. ¿Cuenta su empresa con una certificación ambiental ISO 14,000 u otro tipo de certificación?

Variables	*Frecuencia*	*Porcentaje*
No	138	45.4
Sí	166	54.6
Total	304	100%

Fuente: Elaboración propia.

En referencia a si la empresa cuenta con una certificación ambiental ISO 14000 u otro tipo de certificación, en la Tabla 8 se aprecia que 166 empresas que representan el 54.6%, sí manifestaron contar con alguna certificación, mientras que las 138 empresas manufactureras, que representan el 45.4%, dijeron no contar con ningún tipo de certificación. Por lo tanto, es posible establecer que alrededor de 6 de cada 10 empresas manufactureras en México sí cuentan con algún tipo de certificación, la cual generalmente es solicitada por las grandes empresas para ser consideradas en la cadena de proveeduría.

Tabla 9. ¿Cuál es el nivel de formación del gerente de su empresa?

Variables	*Frecuencia*	*Porcentaje*
Educación básica	15	4.9
Bachillerato	15	4.9
Carrera técnica o comercial	20	6.6
Licenciatura o ingeniería	225	74.0
Maestría	27	8.9
Doctorado	2	.7
Total	304	100%

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al nivel de formación del gerente de las compañías manufactureras, la Tabla 9 muestra que en 225 empresas, que representan el 74.0%, el gerente tiene una formación universitaria (licenciatura o ingeniería), mientras que 27 empresas, que representan el 8.9%, tienen un gerente con una formación de maestría, seguido de 20 empresas manufactureras, que representan el 6.6%, que tienen gerentes con una formación de carreta técnica o comercial, 15 empresas manufactureras, que representan el 4.9%, tienen gerentes con una formación de educación básica y bachillerato, respectivamente y, por último, solamente 2 empresas manufactureras, que representan el 0.7%, tienen gene-

rantes con una formación de doctorado. Por consiguiente, es posible establecer que un poco más de 7 de cada 10 empresas manufactureras en México, tienen gerentes que cuentan con una formación universitaria.

La información presentada en las tablas anteriores muestra la composición de la muestra utilizada en la investigación, la cual establece con claridad el tipo y tamaño de las empresas manufactureras de las distintas industrias que se encuestaron, así como los principales rasgos distintivos de los gerentes de las compañías encuestadas. Esta composición de la muestra así como los estadísticos descriptivos presentados con anterioridad, permiten establecer que en la muestra no solamente se consideraron a las grandes empresas manufactureras, sino también a las medianas y, sobre todo, a las pequeñas empresas que generalmente participan dentro de la cadena de proveeduría de las medianas y grandes empresas de las industrias analizadas, así como la antigüedad que las empresas tienen en el mercado en el cual participan con la finalidad de que los lectores de esta obra, tengan un conocimiento más amplio del tipo de empresas manufactureras que se analizaron.

Conceptualización de la Industria 4.0

En la literatura se puede encontrar que, desde su invención, la Industria 4.0 está integrada por diversos componentes tecnológicos, los cuales han evolucionado hacia nuevas tecnologías que tienen un mayor impacto en el desempeño de las empresas manufactureras (Drath & Horch, 2014; OECD, 2017). Por ejemplo, Chiarello *et al.* (2018) en una revisión exhaustiva de la literatura identificó 1,211 componentes tecnológicos en 30 campos de las disciplinas científicas, lo cual permite visualizar la complejidad que representa el concepto de la Industria 4.0, para ser entendido en su totalidad por las empresas manufactureras de todos los subsectores y tamaños (Ghobakhloo, 2018). Particularmente, en la fase inicial de la transición tecnológica que representa la Industria 4.0, la comunidad científica y empresarial mostraron una total confianza en el concepto de la Industria 4.0, con respecto a las diversas posibilidades y oportunidades que representa para

mejorar los resultados empresariales (Liu & Xu, 2016), así como el desarrollo de nuevos productos (Muhammad & Di Maria, 2022).

Además, existe en la literatura un alto grado de incertidumbre acerca del financiamiento necesario para la adquisición de nuevas tecnologías y su impacto en el nivel del rendimiento económico de las empresas manufactureras (Muhammad & Di Maria, 2022). Esta diferencia se acentúa más dada la variedad de disciplinas científicas en las cuales es común la aplicación de la Industria 4.0, entre las que se encuentran la ingeniería, las ciencias computacionales, la gestión de los negocios y la economía, pues esta diversidad de campos de acción de la Industria 4.0 ha impedido el desarrollo de una definición que sea aceptada por toda la comunidad científica y empresarial (Muhammad & Di Maria, 2022). En este sentido, la asociación digital de Alemania, comúnmente llamada BITKOM, realizó una exhaustiva revisión de la literatura y encontró un poco más de 100 definiciones del concepto de Industria 4.0 en todas las disciplinas científicas (Bidet-Mayer & Ciet, 2016).

Bajo este contexto, la Industria 4.0 comúnmente es definida como un conjunto de tecnologías que integran desde tecnologías digitales (Koh *et al.*, 2019), hasta el paradigma del desarrollo de nuevos sistemas de producción orientados en la mejora de los procesos de transformación (Weking *et al.*, 2020). Así, de acuerdo con Gilchrist (2016: 3) "es esencialmente importante que se revise la conceptualización de la Industria 4.0, para orientarla a la manufactura que es la que generalmente utiliza las invenciones tecnológicas y las innovaciones, particularmente en la fusión de operaciones de producción y en las diversas tecnologías de la información y comunicación". En la Tabla 10 se presenta una cronología de las definiciones de la Industria 4.0 las cuales, desde nuestro particular punto de vista, son más importantes, aun cuando las definiciones más citadas en la literatura son las realizadas por Lasi *et al.* (2014), Drath y Horch (2014) y Hermann *et al.* (2016).

Asimismo, en la Tabla 10 se puede observar un rasgo compartido del total de las definiciones que se presentan, que es la perspectiva "tecno-céntrica", lo cual significa que la peculiaridad de la Industria 4.0 es precisamente los avances tecnológicos (Cimini *et al.*, 2020).

Tabla 10. Definiciones de la Industria 4.0

Autor	*Definición*	*Enfoque*
Kagermann *et al.* (2003)	"La Industria 4.0 puede involucrar una integración técnica de sistemas ciberfísicos en la manufactura a través del uso del internet de las cosas y servicios en los procesos industriales".	Producción digitalizada
Lasi *et al.* (2014)	"El término Industria 4.0 colectivamente se refiere a un amplio rango de conceptos cuya clara clasificación concierne a diversas disciplinas, así como su precisa distinción no es posible para casos individuales".	Sumatoria de varios conceptos
Drath y Horch (2014)	"La Industria 4.0 se refiere a la cuarta revolución industrial, y puede ser entendida como la aplicación de conceptos genéricos de sistemas ciberfísicos en los sistemas de producción industrial".	Conectividad física en un mundo virtual
Maynard (2015)	"La Industria 4.0 es un modelo que se orienta en la combinación de tecnologías tales como manufactura aditiva, automatización, servicios digitales e internet de las cosas, y es parte de un movimiento en crecimiento a través de la explotación y emergencia de tecnologías".	Aspectos sociales, medioambientales y económicos
Schmidt *et al.* (2015)	"La Industria 4.0 puede ser definida como la incorporación de productos inteligentes en procesos digitales y físicos. Los procesos digitales y físicos interactúan unos con otros y a través de fronteras geográficas y organizacionales".	Personalización, tiempo de producción
Kang *et al.* (2016)	"La Industria 4.0 o manufactura inteligente es la cuarta revolución industrial. Es un nuevo paradigma de convergencia de las TIC de vanguardia y tecnologías de manufactura. Proporciona una base para la toma de decisiones efectivas y eficaces a través de procesos más rápidos y precisos en los procesos de toma de decisiones".	Eficiencia en los procesos de toma de decisiones
Ivanov *et al.* (2016)	"La Industria 4.0 representa un concepto de redes de manufactura inteligente, donde la maquinaria y los productos interactúan unos con otros mediante un control humano".	Cadena de suministro
Hermann *et al.* (2016)	"La Industria 4.0 puede ser entendida como la convergencia de la producción industrial y las tecnologías de la información y comunicación".	Intersección de la producción y la tecnología
Kolberg *et al.* (2017)	"La Industria 4.0 es la visión de componentes inteligentes y maquinaria que están integrados en una red digital común, basada en los estándares de internet probados".	Digitalización de la producción

Fuente: Muhammad y Di María (2022).

A pesar de que la Industria 4.0 puede ser considerada como la suma de numerosas tecnologías y asociada con las tendencias tecnológicas de vanguardia, tales como la manufactura aditiva, internet de las cosas, digitalización y la automatización en los procesos de manufactura (Liao *et al.*, 2017), las tecnologías digitales modernas tales como el internet de las cosas, el análisis de *big data*, la impresión 3D, la realidad virtual y aumentada y la robótica constituyen la columna vertebral de la cuarta revolución industrial (Bressanelli *et al.*,

2018). En la Tabla 11 se pueden observar las herramientas tecnológicas de la Industria 4.0 que más se han considerado en la literatura, ya que el concepto de la Industria 4.0 generalmente tiene un fuerte impacto en las tecnologías de la industria manufacturera (Kagermann *et al.*, 2013), y las expectativas más comunes de las herramientas tecnológicas de la Industria 4.0 están relacionadas con la flexibilidad y la productividad (Culot *et al.*, 2020).

Tabla 11. Definiciones de la Industria 4.0

Autor	*Tecnología*	*Impacto/Función*
Berman (2012)	Impresión 3D	Producción de productos personalizados y operaciones de las empresas con poco o ningún inventario sin vender.
Huang *et al.* (2013), Esmaeilian *et al.* (2016), Chan *et al.* (2018)	Manufactura avanzada	El diseño asistido por computadora se utiliza como un insumo para desarrollar piezas colocando capas de material fundido unas sobre otras, en función de los ángulos y la simetría del modelo CAD.
Yew *et al.* (2016), Doshi *et al.* (2017)	Remanufactura avanzada	Ayuda a la visualización de los gráficos de las computadoras en un ambiente real. Planeación y control de los procesos productivos en tiempo real, diagnósticos y recuperaciones de productos con defectos y formación sobre productos y procesos.
Esmaeilian *et al.* (2016), IFR (2017)	Robótica	Bajos niveles de defectos, fiabilidad y alta calidad de los productos con la incorporación de máquinas robóticas, las cuales se han incrementado en un 16%.
Al-Fuqaha *et al.* (2015), Jeschke *et al.* (2017)	Internet de las cosas	Comunicación efectiva entre los objetos físicos e intercambio de información. Representación digital de la infraestructura de las empresas manufactureras, procesos y productos.
Lavalle *et al.* (2011), Babiceanu y Seker (2016)	Big data	Extracción de valor de un alto volumen de información, el cual genera un impacto positivo significativo en el rendimiento de las empresas, a través del mantenimiento y personalización de los productos.

Fuente: Muhammad y Di María (2022).

A pesar de que las tecnologías digitales de la Industria 4.0 requieren de un elevado nivel de *expertise* por parte de los empleados y una inversión financiera significativa (Rübmann *et al.*, 2015), en realidad es más flexible derivado de la separación de la toma de decisiones y la información (Moeuf *et al.*, 2017). Consecuentemente, la Industria 4.0 tiene la aptitud de transformar totalmente la naturaleza de los eco-productos producidos por las compañías manufactureras (Porter & Heppelmann, 2014), ya que las organizaciones que han adoptado e implementado este tipo de tecnologías, generalmente les ha ayudado a la personalización de sus productos y minimizar los tamaños de los pedidos (Bauernhansl *et al.*, 2014). Por lo tanto, la motivación esencial para la aplica-

ción de la Industria 4.0 no solamente se centra en la adopción de tecnologías estratégicamente inspiradas en la innovación, sino también en el desarrollo de una manufactura inteligente (Kang *et al.*, 2016).

Principios de la Industria 4.0

En las últimas dos décadas se ha incrementado el uso intensivo de las nuevas tecnologías a nivel global, lo cual ha generado que a la Industria 4.0 se le considere como uno de los nuevos paradigmas de la manufactura (Muhammad & Di Maria, 2022). Así, desde su introducción por parte de los alemanes en el evento *"Hannover Messe 2011"*, la Industria 4.0 ha sido considerada por la comunidad científica y empresarial como la Cuarta Revolución Industrial, y es el concepto preferido entre académicos y profesionales de la industria (Liao *et al.*, 2017; Chiarello *et al.*, 2018). Durante la última década, la Industria 4.0 ha generado un mercado más globalizado y competitivo, y actualmente su adopción requiere de la implementación de múltiples cambios internos y externos en las organizaciones, con la finalidad de generar una respuesta rápida por parte de las empresas manufactureras para mejorar y cumplir con la demanda de productos personalizados (Kolberg *et al.*, 2017; Buer *et al.*, 2018).

Además, la Industria 4.0 brinda un conjunto de oportunidades para mejorar las operaciones y la cadena de suministro de las empresas manufactureras (Bag *et al.*, 2020), lo cual permite establecer que la Industria 4.0 facilita en las organizaciones el cambio de los sistemas y procesos de producción tradicionales por otros más competitivos (Olsen & Tomlin, 2020). Asimismo, los avances más modernos de la Industria 4.0 han permitido la introducción de diversas tecnologías, entre las que destacan los sistemas ciberfísicos, el internet de las cosas y la computación visual para la manufactura inteligente (Ardanza *et al.*, 2019). Sin embargo, la adopción de la Industria 4.0 requiere de conocimientos precisos, recursos financieros, actualización de las habilidades, una mente muy abierta y una cultura flexible entre toda la organización, así como la adaptación de la estructura organizacional para la participación en sus procesos de planeación de sus *stakeholders* (Veile *et al.*, 2019; Zangiacomi *et al.*, 2020).

De igual modo, la flexibilidad y adaptación de la interfase máquina-humano puede aumentar sustancialmente las operaciones y el nivel de productividad, mejorando en todo momento la seguridad de los trabajadores (Ardanza *et al.*, 2019). Por ello, los sistemas de la manufactura inteligente automáticamente pueden detectar las posibles fallas que presenten los sistemas de producción, así como la mejora continua de los proyectos de producción (Osterrieder *et al.*, 2019), incrementando con ello el nivel de la productividad (Alavian *et al.*, 2020). Además, la manufactura inteligente ayuda a las empresas manufactureras a aumentar sustancialmente el nivel del rendimiento de los sistemas de manufactura, y a ser más eficiente la toma de decisiones con respecto a la maquinaria y el personal (Mittal *et al.*, 2019), lo cual genera un impacto positivo significativo en el nivel del rendimiento en la organización en su conjunto (Bokrantz *et al.*, 2019).

De igual manera, las tecnologías digitales de la Industria 4.0 puede ayudar a las compañías manufactureras, a ser más eficiente y eficaz la gestión de la interfaz entre la cadena de proveeduría y los procesos del marketing (Ardito *et al.*, 2019), mientras que el internet de las cosas es esencial en los procesos de planeación de la garantía y mantenimiento de las etapas de la remanufactura de los productos (Bag & Christiaan, 2022). Además, los sistemas de remanufactura avanzada de pedidos (ARTO) ayudan a las empresas manufactureras, a anticipar los tiempos de prevención y mantenimiento de los pedidos solicitados por los clientes y consumidores tanto como sea posible, a medida que llegan a determinadas horas de trabajo de la planta (Dev *et al.*, 2019). Por último, la gestión de la movilidad en los procesos industriales se puede realizar considerando el trabajo en equipos, las tareas a realizar y el control de estas a través de la implementación de los recursos físicos cibernéticos móviles (Barata *et al.*, 2019).

Sin embargo, la aplicación de la Industria 4.0 requiere de diversos cambios al interior de las empresas manufactureras, particularmente en referencia

a los recursos y las capacidades, ya que comúnmente estos son insuficientes para la mejora de la organización (Bordeleau *et al.*, 2020). Además, existe una preocupación de investigadores, académicos y profesionales de la industria, relacionada con las empresas manufactureras de América Latina en referencia a la selección y aplicación de las tecnologías que integran la Industria 4.0 para mejorar los niveles de productividad, ya que la mayoría de las organizaciones tiene capacidades tecnológicas demasiado limitadas, así como una restricción en las perspectivas de conectividad digital de las organizaciones, lo cual condiciona su crecimiento y desarrollo (Brixner *et al.*, 2020).

En este sentido, los cambios más trascendentales en la adopción e implementación de las tecnologías digitales de la Industria 4.0 en las compañías de América Latina, entre ellas las establecidas en México, es la fuerte restricción en el análisis del volumen de datos, la combinación de la nueva tecnología tanto con la maquinaria y equipo disponible en las organizaciones, así como con el equipo de cómputo y las habilidades del personal (Bag & Christiaan, 2022). Por lo tanto, si las empresas manufactureras de América Latina logran superar estos desafíos, sin lugar a duda que las conducirá a obtener el máximo provecho de los diversos beneficios que tiene la Industria 4.0, tales como la mejora de la eficiencia de la organización, la flexibilidad de la productividad, la eficiencia en la toma de decisiones, la mejora de los sistemas de producción y la seguridad (Dalmarco *et al.*, 2019).

Las empresas manufactureras de América Latina que muestren una amplia apertura a la aplicación de las tecnologías digitales de la Industria 4.0, tendrán mayores oportunidades de aumentar significativamente tanto su nivel de rendimiento empresarial como sus resultados (Büchi *et al.*, 2020). Sin embargo, la inmensa mayoría de las empresas manufactureras hasta el momento no ha logrado aprovechar las oportunidades que brinda la revolución que está generando la Industria 4.0 (Calabrese *et al.*, 2020), con una excepción de Brasil y México, debido a diversas barreras que frenan su implementación, siendo la más importante de ellas la falta de personal altamente calificado con las habilidades necesarias que demandan los procesos de adopción e implementación de la Industria 4.0 (Cezarino *et al.*, 2019).

Adicionalmente, la inversión en las herramientas tecnológicas que conlleva la Industria 4.0 también puede conducir a las empresas manufactureras de Latinoamérica, a incrementar significativamente su nivel de competitividad, a pesar de la incertidumbre y complejidad que representa la selección de la inversión en la nueva tecnología que requiere la aplicación de la Industria 4.0 (Bag & Christiaan, 2022). Además, las empresas que tienen menos de 20 empleados y un acceso limitado al financiamiento externo, generalmente dan mayor importancia a la inversión en tecnologías básicas, mientras que las empresas que

tienen más de 20 empleados y un mayor acceso a los fondos de financiamiento, comúnmente se enfocan en las tecnologías relacionadas con las operaciones productivas (Bosman *et al.*, 2019). Por ello, las tecnologías que integran la Industria 4.0 pueden generar estrategias tales como la personalización de los productos, disminución de sus costos, integración de la cadena de proveeduría y la integración de la manufactura esbelta (Chiarini *et al.*, 2020).

Justificación con los Objetivos del Desarrollo Sustentable (ODS)

La predicción de un aumento exponencial de los habitantes para el año 2050, el incremento del uso de recursos naturales y los altos niveles de contaminación medioambiental, están generando cambios importantes en las empresas manufactureras de todas las industrias y sectores, ya que hoy en día se está utilizando el equivalente a 1.5 planetas para lograr la producción y subsecuente satisfacción de la población mundial (Boken et al., 2014), de hecho, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), existe un consenso en este organismo que establece que la condición indispensable para que un país pueda lograr un desarrollo económico y social, es precisamente una industria avanzada y desarrollada. Así, la necesidad de un amplio conocimiento de la Industria 4.0 y sus efectos en la sustentabilidad, son de suma importancia para la administración pública y las empresas del planeta ya que se pueden detectar factores detonantes para aprovechar, o problemas a tomar en cuenta para corregir, y de esta forma lograr los objetivos a los cuales se comprometieron las naciones en beneficio de las futuras generaciones.

La Comisión para el Desarrollo Sostenible (CDS), en su conferencia celebrada en Brundtland propuso el concepto de desarrollo sustentable, que actualmente se sigue manteniendo vigente entre los expertos e investigadores del tema, la cual a grandes rasgos indica que el desarrollo sustentable son las directrices utilizadas hacia una evolución de actividades, las cuales satisfacen las necesidades de las generaciones actuales sin afectar la satisfacción de las generaciones futuras (CMMD, 1992). En este sentido, en la cumbre de las Naciones Unidas celebrada en el 2015 se comprometieron la mayoría de los países del orbe (120 países), entre ellos México, a cumplir cabalmente los 17 ODS, los cuales establecen el compromiso de los gobiernos en la implementación de políticas que conduzcan a la mejora del medioambiente y la sustentabilidad del planeta en los próximos 15 años (2015-2030) (UN, 2015).

Para efectos de esta obra literaria, el ODS de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, al que las empresas manufactureras tanto de México como de cualquier otro país del mundo, deben centrar sus actividades diarias, es el número 12 *Producción y Consumo Responsables* el cual establece lo siguiente: "El consumo y

la producción sostenible consisten en fomentar el uso eficiente de los recursos y la energía, la construcción de infraestructuras que no dañen el medioambiente, la mejora del acceso a los servicios básicos y la creación de empleos ecológicos, justamente remunerados y con buenas condiciones laborales" (Boken *et al.,* 2014: p. 43). Ello permitirá el desarrollo de una mejor calidad de vida para la sociedad en su conjunto y, además, ayuda a las empresas manufactureras a lograr sus planes generales de desarrollo, lo cual podría disminuir los costos económicos, ambientales y sociales, y el nivel de la pobreza (Jackson, 2009).

Asimismo, la comunidad científica, académica y empresarial tendrá que orientar sus estudios no solamente en la generación de más y mejores resultados en las empresas manufactureras, sino también en la reducción de los impactos negativos al medioambiental, ya que ello contribuirá a reducir la degradación del medioambiente y el uso excesivo de materias primas. Adicionalmente, la necesidad de conocimiento en este tema es de suma importancia para la administración pública y las empresas, ya que se pueden detectar factores detonantes para aprovechar, o problemas a tomar en cuenta para corregir y de esta forma lograr los objetivos a los cuales se comprometieron en beneficio de las futuras generaciones, sin descuidar, por ello, la generación de beneficios económicos para todos los socios participantes en la cadena de proveeduría.

Bajo este contexto, la adopción de la Industria 4.0 conlleva un cambio de paradigma social y económico, esencialmente porque mejora el desarrollo humano mediante los avances de la tecnología digital, que son proporcionales a los de la primera, segunda y tercera revoluciones industriales: fusionando los mundos físico, digital y biológico y fusionando tecnologías de formas que crean promesas y peligros. La velocidad, amplitud y profundidad de la Industria 4.0 nos está obligando a repensar diversas interrogantes, entre ellas, ¿cómo deben desarrollarse los países?, ¿cómo las organizaciones deben crean valor? y ¿cómo pueden beneficiarse todas las personas de la eco-innovación? (WEF, 2020). Ahora, mientras el mundo está preocupado y encargándose del COVID-19, existe la oportunidad de adoptar aún más la Industria 4.0, de tal manera que permita la creación de una economía global más inclusiva, incluyente y centrada en el ser humano.

Teoría que soporta el estudio

Cuando se habla de competitividad es indicativo de que las empresas tengan una ventaja clara en algunas de sus operaciones o actividades diarias, en comparación con otras empresas del mismo sector o industria en el que se desempeñan. Para que esto pueda suceder los directivos de las empresas manufactureras deben aprovechar al máximo las oportunidades externas

que brinda el mercado, así como las inherentes a sus actividades llamadas fortalezas. Sin embargo, en la época actual ante un ambiente de los negocios rápidamente cambiantes y la aparición en el mercado global de mayores competidores directos e indirectos, las empresas manufactureras deben cambiar y/o mejorar sus estrategias de negocio, con la finalidad de mejorar los niveles de competitividad y rendimiento económico (Pulido, 2010).

Se habla de esta manera de organizaciones cambiantes con base en sus propias experiencias e innovaciones intrínsecas, las cuales se realizan en cada aspecto de sus actividades y estructuras, centrándose esencialmente en su capacidad de asimilación, difusión y renovación de los distintos *recursos y capacidades* que poseen las empresas manufactureras o se pueden obtener de manera eficaz. Por ello, en la literatura científica por *recursos* se puede entender que son aquellos elementos internos de las organizaciones como, por ejemplo, la maquinaria, la planta de producción, los recursos humanos, la propiedad intelectual, entre otros, a los cuales generalmente se les considera como recursos tangibles e intangibles, y deben tener una coordinación y cooperación al interior de las organizaciones que los vuelva no solamente productivos en términos financieros, sino también que sean sustentables (Wernerfelt, 1984).

Por otro lado, Grant (1991) consideró que las *capacidades* de las empresas manufactureras como la habilidad de desempeñar actividades y operaciones que involucran la utilización de patrones, coordinación y cooperación entre los recursos de las empresas, como pueden ser la investigación y desarrollo, servicio al cliente, ecodiseño, actividades de marketing, entre otros, lo cual indica que con este tipo de actividades las organizaciones lograran acercarse a las metas propuestas en sus sistemas de planeación. Asimismo, Barney (1991), Bueno (1998) y Hamel & Prahalad (1995) establecieron que la totalidad de las empresas manufactureras tienen distintas competencias, entendidas estas como la forma de aprovechar los recursos y capacidades que poseen las organizaciones, para adaptarse a las exigencias de los mercados y transformar el conocimiento adquirido en nuevos o mejorados productos o servicios.

En este sentido, la **Teoría de los Recursos y Capacidades**, teoría que soporta este estudio, establece que las empresas manufactureras deberían ser analizadas desde la perspectiva de los recursos y capacidades que poseen, ya que comúnmente los recursos no solamente pueden convertirse en capacidades, sino también crean una sinergia entre sí que generan distintas ventajas competitivas que no poseen sus principales competidores. Además, las capacidades y los recursos disponibles en la organización deben estar correlacionados, ya que sería casi imposible el uso eficiente de los recursos si existe alguna restricción al acceso de los recursos disponibles en las compañías. Por ello, de acuerdo con Hamel y Prahalad (1995), son las capacidades las que ayudan a las empresas

a incrementar tanto su nivel de productividad como de competitividad, por lo cual es posible establecer que los recursos disponibles son considerados como el origen de las capacidades de las empresas (Grant, 1991).

Adicionalmente, tanto los recursos como las capacidades disponibles en las empresas están vinculados con las actividades de planeación, aplicación y evaluación del impacto de las estrategias empresariales en los resultados de la compañía, tanto en los aspectos financieros como medioambientales y de sustentabilidad. Por ello, no es de extrañar que investigadores, académicos y profesionales de la industria consideren a las capacidades existentes en las empresas manufactureras como una combinación de los recursos disponibles (p.e. tecnología, información y recursos humanos), los cuales juegan un rol fundamental en los procesos de producción de las organizaciones (Kin, 2010). Bajo este contexto, los recursos y capacidades de que dispongan las empresas manufactureras determinarán en un elevado porcentaje, no solamente la generación de más y mejores ventajas competitivas sino también del éxito de los resultados de las compañías.

Beneficios de la Industria 4.0

Las empresas manufactureras se enfrentan hoy en día a una variedad de desafíos y deben implementar nuevas estrategias empresariales constantemente para seguir compitiendo en el mercado, para lo cual tienen que desarrollar actividades de ecoinnovación en sus procesos de producción y reciclar los materiales que les permitan mejorar la sustentabilidad (OECD, 2018). Además, durante la última década los sistemas de manufactura inteligentes se han comenzado a discutir, tanto en la industria como en la academia, emergiendo diversas iniciativas para describir estos nuevos sistemas, entre ellos la llamada Industria 4.0, ya que el correcto desarrollo de esos sistemas es considerado vital para crear ventajas competitivas en las empresas manufactureras y en los países (Doh & Kim, 2014; Kusiak, 2018), por lo cual la Industria 4.0 es considerada como el sistema del futuro (Galati & Bigliardi, 2019; Strozzi *et al.*, 2017; Frank *et al.*, 2019; Sharp *et al.*, 2019).

La Industria 4.0 se estableció como un auxiliar al crecimiento económico nacional, al promover el desarrollo de la manufactura (Yin *et al.*, 2018), aunque varios autores han considerado la idea general de que la Industria 4.0 es consecuencia de la manifestación de la Cuarta Revolución Industrial, causada por los acelerados avances de la tecnología digital en estos tiempos actuales. Shafiq *et al.* (2016: 33) establecen que la Industria 4.0:

facilita la interconexión e informatización en la industria tradicional, cuyos objetivos son generar una personalización masiva a los productos fabricados habilitada por las tecnologías de la información; generar una adaptación automática y flexible de la cadena productiva; rastrear piezas y productos para facilitar la comunicación entre piezas, productos y máquinas; aplicar paradigmas de interacción hombre-máquina para lograr la optimización de la producción, a través de la habilitación del Internet of Things (internet de las cosas) en la creación de fábricas inteligentes; y proporcionar nuevos tipos de servicios y modelos comerciales de interacción en la cadena de valor.

Así, la Industria 4.0 se enfoca en crear empresas inteligentes donde las tecnologías de la producción están potenciadas por tecnologías digitales avanzadas como, por ejemplo, la impresión 3D, el internet de las cosas, el análisis de macrodatos (*big data*) y la computación de nube (*cloud computing*) (Zhong *et al.*, 2017). Estos avances son en su mayoría implementados por las grandes empresas y empresas multinacionales, siendo la industria de la manufactura una de las áreas básicas de adopción de la Industria 4.0, ya que generalmente la contribución de la manufactura al crecimiento y desarrollo económico y social de los países del mundo es de largo y amplio alcance, e incluyen el producto interno bruto (PIB), las exportaciones, los empleos bien remunerados, el retorno significativo de la inversión y es esencial en el diseño de políticas públicas que mejoren el crecimiento de la economía, la sociedad y el desarrollo de la nación (Massod & Sonntag, 2020).

Sin embargo, no es una tarea fácil sensibilizar a la sociedad en general y obtener el apoyo de la administración pública, para la adopción de las actividades que conlleva la Industria 4.0. Así, el desafío más importante es que la *imagen* de la producción existente en el personal de las empresas está completamente desactualizada, la mayoría de los trabajadores visualizan actualmente a la producción como se realizaba hace décadas (Wang, 2018), para lo cual Wang (2018) consideró que la preocupación esencial que tiene la sociedad es redefinir cómo será la manufactura en el futuro, de este paradigma lo primero será informar a la sociedad el impacto que tiene la producción en nuestra economía y, en segundo lugar, obtener el apoyo inequívoco de la administración pública, ya que los nuevos procesos de producción, materiales innovadores y

modelos de negocio disruptivos, afectarán drásticamente la base de conocimiento y evolucionarán, lo que se considera como grandes desafíos.

Asimismo, los efectos de la transformación digital a nivel global son demasiado evidentes y generan enormes beneficios para emprendedores, consumidores y la sociedad en general, aunque existen cuestiones ambientales y de sustentabilidad que deben ser consideradas (Yoo *et al.*, 2010; Piccinini *et al.*, 2015; Paluch *et al.*, 2019). Así, el efecto disruptivo resultante de la digitalización de la producción a nivel global no solamente ha alcanzado a la industria automotriz y es el fenómeno más importante en los 140 años de su historia, sino también a otras industrias manufactureras importantes como la aeroespacial, química, metalmecánica y textil, ya que básicamente la transformación digital, la globalización y una competencia más severa están liderando el camino de los negocios a nivel mundial (Gao *et al.*, 2016).

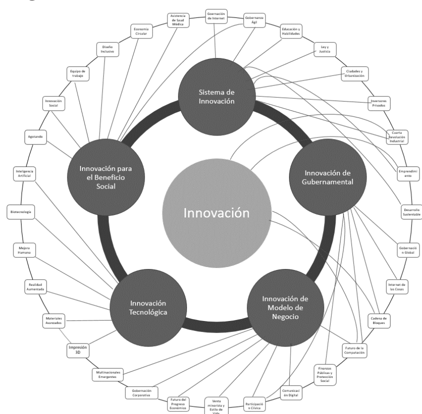
Bajo este contexto, la comunidad científica, académica y empresarial han establecido que las estrategias de transformación digital son esenciales en las empresas manufactureras, porque reflejan la omnipresencia de los cambios provocados por las tecnologías digitales en una organización (Chanias & Hess, 2016). Por lo tanto, las empresas tienen que cambiar los modelos de producción y comerciales tradicionales, que han sido iguales e inmutables durante muchas décadas, y transformar sus organizaciones para adaptarse a las nuevas tendencias y desafíos de los negocios del nuevo milenio, generando actividades de manera conjunta con otras empresas como, por ejemplo, el desarrollo e implementación de plataformas de uso compartido de automóviles, transporte del personal o nuevos servicios telemáticos, los cuales mejorarían los servicios de telecomunicaciones e informáticos (Riasanow *et al.*, 2017; Kotarba, 2018).

Además, los factores que afectan a la industria manufacturera con creciente influencia y complejidad, son diversos (Winkelhake, 2019; Fritschy & Spinler, 2019; Wells *et al.*, 2020; Dziallas, 2020). Estos factores incluyen, en particular, la globalización, que brinda a las empresas manufactureras la oportunidad de expandirse a nuevos mercados, la diversificación de los mercados y la modificación y diversificación aceleradas de los productos, los cuales cada vez son más amigables con el medioambiente. La diversificación de los mercados puede contribuir a la generación de nuevos patrones de comportamiento y la necesidad de satisfacer sus gustos individualmente, mientras que la diversificación de productos implicará la reducción del ciclo de vida de los modelos para reaccionar a la demanda rápida y cambiante de los consumidores con ecoproductos innovadores (Foro Económico Mundial, 2020). Así, por ejemplo, el ciclo de vida promedio de un vehículo solía ser de ocho años, mientras que hoy en día los fabricantes han cambiado y modificado sus modelos a un lapso de no más de 3 años (Jain & Garg, 2007).

Adicionalmente, hoy en día las tecnologías digitales en un alto porcentaje de los productos manufacturados a nivel global representan al menos el 50% de su valor total (CCOO, 2018), por lo cual, la integración de *software* y *hardware* ha aumentado no solo la funcionalidad de los ecoproductos, sino también su complejidad. Así, se han identificado aspectos clave que contribuyen a acelerar el proceso de digitalización de la industria manufacturera global, como la conectividad de los ecoproductos, los servicios basados en la ubicación y el tipo de los ecoproductos personalizados de acuerdo con las preferencias de los clientes, características que no existían hace 20 años. Otro aspecto clave es, por ejemplo, la conducción autónoma en los nuevos vehículos, donde los conductores solo necesitarán presionar un botón para ir a su destino, por lo cual, cabe destacar que los consumidores podrán adquirir vehículos con conducción asistida y conducción autónoma. La conducción asistida abarca funciones de asistencia al conductor, que serán cada vez más habituales hasta que el conductor se convierta en un elemento pasivo en el proceso de transporte (Farahani *et al.*, 2017).

Finalmente, las empresas manufactureras a nivel global tienen una diversidad de beneficios en la aplicación de la Industria 4.0, aparte de lo señalado con anterioridad, las empresas comúnmente se benefician en la mejora de las actividades de la eco-innovación y el rendimiento sustentable, brindando herramientas de toma de decisiones a los directivos y analizando factores propios de la industria como: *big data*, eco-innovación, flexibilidad en la cadena de proveeduría, cadena de proveeduría más verde, manufactura avanzada y adopción de tecnología digitalizada, tal y como se muestra en la Figura 1.

Figura 1. Beneficios de la Industria 4.0



Fuente: Elaboración propia.

La Industria 4.0 a Nivel Global

En la literatura es común encontrar que la Industria 4.0 ayuda a las empresas a mejorar la cadena de valor de sus productos, al impulsar la eficiencia, reducir los costos y generar un mayor nivel de colaboración e innovación con otras organizaciones, generando con ello evolucionar de enfoques de empresa a empresa, a través de sus proveedores, a un modelo de empresa a consumidor, con nuevas formas de interactuar con los clientes y asociaciones con proveedores que interactúan a través de los datos. Por ello, son cada vez más los nuevos eco-productos que se están ofreciendo en el mercado que están totalmente conectados a internet, lo cual conlleva que las empresas manufactureras estén modificando sus estrategias de *marketing* para lograre vender sus productos a un público global altamente exigente y con altas expectativas en el uso de las tecnologías digitales.

Adicionalmente, también se deben considerar otros factores básicos en la transformación digital de la industria manufacturera, tales como el efecto en el minorista, que abarca a los fabricantes, la fuerza de ventas y los consumidores, los cuales están redefiniendo dinámicamente la forma en como interactúan y se comunican entre sí, ya que generalmente los clientes esperan tener una interacción fluida tanto física como digitalmente al comprar ecoproductos y/o ecoservicios. Por ello, la conectividad de los ecoproductos permitirá que se provea un mantenimiento predictivo, a través de sofisticados sistemas de diagnóstico que utilizan tecnologías digitales. Por ejemplo, los componentes inteligentes y la conectividad ubicua permitirán que ciertos componentes envíen una señal cuando necesiten reemplazo o mantenimiento de alguno de sus componentes (Llopis-Albert *et al.*, 2021).

Asimismo, Llopis-Albert *et al.* (2021) establecieron que la transformación digital en el mercado de accesorios, facilitará las actualizaciones de *hardware* y *software* de los nuevos ecoproductos, pero los fabricantes y proveedores deben hacer que sus sistemas sean compatibles con los sistemas existentes en el mercado. Así, por ejemplo, el mercado de datos de automóviles (*big data*) será un factor clave, donde la promesa comercial de ofertas para clientes dirigidas con mayor precisión, nuevos modelos comerciales y una mayor eficiencia de los datos y análisis, harán de estos nuevos negocios una verdadera mina de oro para los participantes de la industria automotriz. Además, las infraestructuras conectadas, vehículo a vehículo y vehículo a infraestructura, son habilitadores clave del transporte inteligente del futuro, que creará una red de comunicaciones integrada de información digital en continuo movimiento que mejore la eficiencia en la seguridad y el flujo de tráfico de datos.

En este sentido, el aumento de la eficiencia de los datos y el análisis de los mismos harán de estos nuevos negocios una verdadera mina de oro para los productores de automóviles, ya que la experiencia del cliente ha sido y seguirá siendo un diferenciador clave en el mercado automotriz, ya sea durante el proceso de venta, la experiencia de conducción en el automóvil o en el mercado de posventa. En cuanto a los vehículos totalmente eléctricos, también habrá competencia entre los fabricantes, para poner a disposición de los consumidores el último modelo que tenga una mayor eficiencia. Asimismo, un área que atraerá un interés especial y será un desafío es el mercado de los accesorios, pues los fabricantes de equipos originales están invirtiendo bastantes recursos económicos para adaptarse a estas nuevas tendencias. Sin embargo, no está claro qué tecnologías prevalecerán, lo que generará tensiones en la industria manufacturera en general, ya que las empresas no quieren renunciar a su liderazgo en la producción de tecnología (Simonji-Elias *et al.,* 2014; Farahani *et al.*, 2017).

Bajo este contexto, existen en la literatura diversos estudios publicados que han analizado las barreras, los desafíos, las metodologías y el enfoque de las investigaciones futuras en la aplicación de la Industria 4.0 en las compañías manufactureras de las distintas industrias a nivel mundial (Alcacer & Cruz-Machado, 2019; Galati & Bigliardi, 2019; Liao *et al.*, 2013; Mohamed, 2018). Así, Liao *et al.* (2013) analizaron la agenda de investigación desde cuatro perspectivas diferentes: perspectiva de contexto, perspectiva de colaboración, perspectiva de esfuerzo de investigación y perspectiva de implementación, y llegaron a la conclusión de que las compañías de la manufactura tienen distintas dudas en la implementación de las nuevas tecnologías, debido a que los posibles beneficios no se han establecido con claridad, detalles de implementación poco claros en comparación con las grandes inversiones necesarias para su compra (Galati & Bigliardi, 2019; Liao *et al.*, 2013; Theorin *et al.*, 2017).

Por su parte, Mohamed (2018) mediante la implementación de una revisión sistemática de la literatura, enumeró los principales desafíos y beneficios de la Industria 4.0, concluyendo que la mayoría de las organizaciones industriales dudan en la aplicación de las tecnologías de la Industria 4.0, debido particularmente a la incertidumbre de los beneficios financieros que ello les podría generar, así como a la falta de los conocimientos y habilidades necesarias para su adopción al interior y exterior de las organizaciones. Además, si los beneficios económicos derivados de la Industria 4.0 no tienen claridad para las grandes empresas nacionales e internacionales, menos lo tienen para los pequeños negocios, ya que éstos no solamente tienen un mayor nivel de complejidad, sino también tienen mayor escasez de recursos, por lo cual los beneficios y requisitos tienen que ser más tangibles, para que estén en posibilidades de adoptar el nuevo modelo de negocio basado en la Industria 4.0 (Alcacer & Cruz-Machado, 2019; Galati & Bigliardi, 2019).

Finalmente, otra de las partes más interesantes de la investigación de la Industria 4.0 es el estudio de la actual digitalización de las tecnologías, las cuales ayudan a las organizaciones a entender mejor el rol fundamental en los procesos de producción (Bag & Christiaan, 2022). Basado en este análisis, Klingenberg *et al.* (2019), después de revisar exhaustivamente la literatura, encontraron 111 tecnologías digitales que realizan cuatro funciones relacionadas directamente con los datos: (1) generación y captura de datos, (2) transmisión de datos, (3) condicionamiento de datos y, (4) almacenamiento, procesamiento y aplicación de datos, por lo cual la digitalización de las tecnologías comprende los primeros tres grupos y las tecnologías de creación de valor forman parte del cuarto grupo. Así, la digitalización de la tecnología es la más popular entre las empresas, mientras que las tecnologías de creación de valor no son tan conocidas.

En las siguientes gráficas se tratará de exponer a los lectores la importancia que tiene la industria manufacturera a nivel global, analizado particularmente las empresas que integran las industrias metalmecánica, automotriz, aeronáutica, química y textil, que son las cinco industrias manufactureras de mayor importancia a nivel mundial.

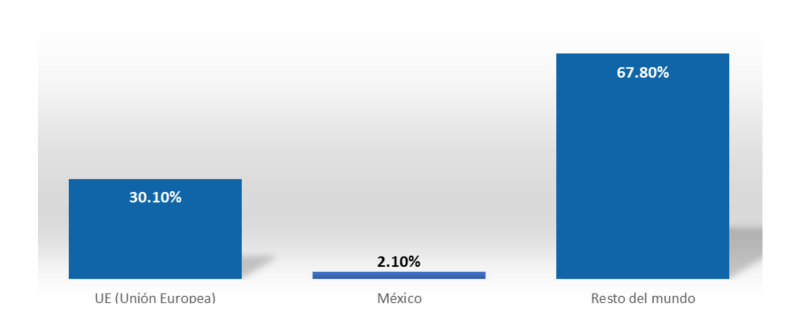
Gráfico 1. Exportaciones mundiales de la industria metalmecánica

28.80%
1.70%
69.50%
UE (Unión Europea)
México
Resto del mundo

Fuente: Asociación de Profesionales para la Competitividad del Mecanizado (ASPROMEC) (2022).

El Gráfico 1 muestra la participación que tiene la industria metalmecánica de México a nivel mundial, y se observa que solamente participa con el 1.7% del total de las exportaciones a nivel global, mientras que los países que integran la Unión Europea participan con cerca del 29% del total de las exportaciones. Así, se puede concluir que las compañías la industria metalmecánica de México tienen poca presencia en el mercado global.

Gráfico 2. Importaciones mundiales de la industria metalmecánica



Fuente: Asociación de Profesionales para la Competitividad del Mecanizado (ASPROMEC) (2022).

En el Gráfico 2 se aprecia que México importó el 2.10% del total de la producción mundial de la industria metalmecánica, mientras que los países que pertenecen a la Unión Europea importaron un poco más del 30% de la producción mundial. Por consiguiente, se puede concluir que las compañías de la industria manufacturera de México no generan los productos necesarios para cubrir la demanda del mercado interno.

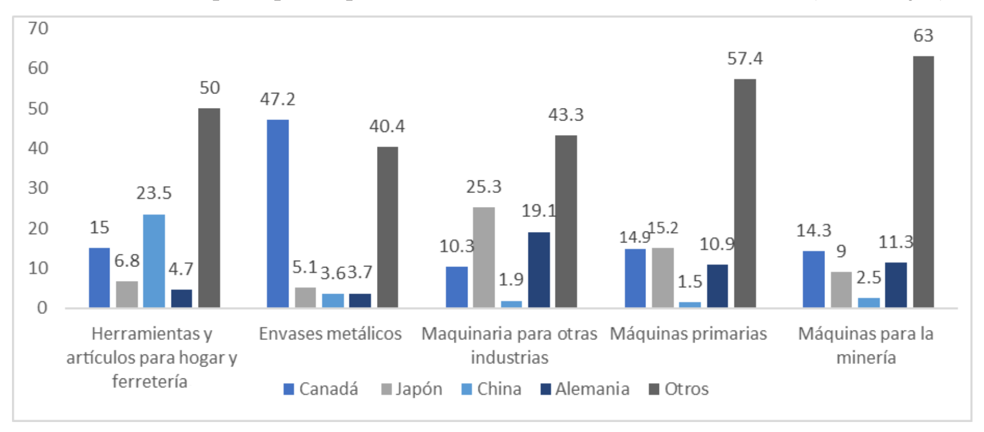
Gráfico 3. Aumento en las exportaciones mundiales de la industria metalmecánica 2021

37.10%
35.40%
34.90%
29.80%
28.90%
28.70%
India
Chile
Argentina
Italia
Turquía
Marruecos

Fuente: Asociación de Profesionales para la Competitividad del Mecanizado (ASPROMEC) (2022).

El Gráfico 3 muestra que, en lo concerniente al aumento de las exportaciones mundiales de la industria metalmecánica, la India es el país que registró el mayor aumento durante el año 2021 con un poco más del 37%, seguido de Chile que registró un aumento de un poco más del 35% y, en tercer lugar, está Argentina que generó un aumento de cerca del 35% en sus exportaciones. Por esta razón, es posible establecer que dos de los tres principales exportadores de productos metalmecánicos son países de América Latina, pero entre los seis principales países exportadores de productos metalmecánicos no se encuentra México.

Gráfico 4. Principales países proveedores de la industria metalmecánica (Porcentajes)



Fuente: Asociación de Profesionales para la Competitividad del Mecanizado (ASPROMEC) (2022).

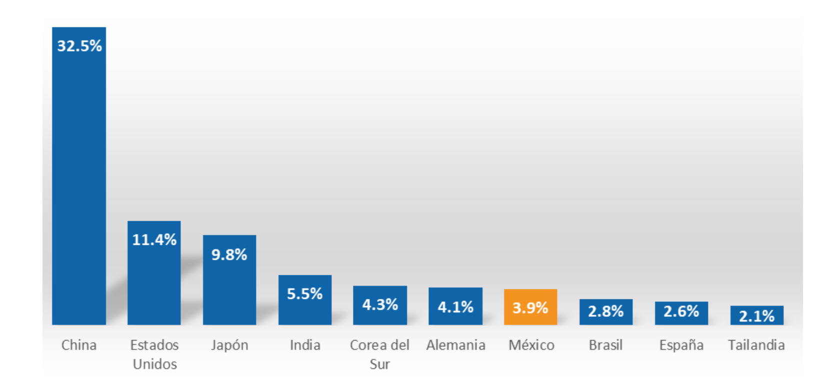
El Gráfico 4 indica que Canadá es el principal país proveedor de productos metalmecánicos a nivel mundial, con excepto de maquinaria para otras industrias en el cual Japón es el principal proveedor. En segundo lugar, se encuentran Japón y Alemania, ya que ambos países son proveedores de ciertos productos metalmecánicos y, finalmente, está China que es el tercer país más importante en la proveeduría de productos metalmecánicos a nivel global. Por lo tanto, es posible establecer que ningún país de América Latina se encuentra entre los principales cuatro países de proveeduría global de productos metalmecánicos.

Como se puede observar en los gráficos anteriores, la Unión Europea es considerado como el principal exportador e importador de productos de la industria metalmecánica, ya que en sus empresas manufactureras de la industria metalmecánica se han adoptado e implementado las tecnologías digitales de la Industria 4.0, particularmente en Alemania que es el principal país proveedor a nivel mundial de productos metalmecánicos y, paradójicamente, es el país donde nació la Industria 4.0. Adicionalmente, países como Canadá y Japón también han adoptado e implementado en la mayoría de las compañías de la industria metalmecánica, las tecnologías digitales de la Industria 4.0 en los procesos de producción, lo cual les ha permitido posicionarse a nivel mundial como uno de los principales países proveedores de productos metalmecánicos.

Con respecto a los países de América Latina, tanto Chile como Argentina son los dos únicos países que aparecen en la lista de los principales países que aumentaron las exportaciones a nivel mundial de productos metalmecánicos durante el año 2021, sin embargo, no aparecen como los principales países

proveedores de productos metalmecánicos, particularmente porque una de las posibles causas es el bajo nivel de calidad de sus productos, ya que son escasas las empresas manufactureras de la industria metalmecánica que han adoptado e implementado las tecnologías que integran la Industria 4.0.

Gráfico 5. Producción mundial de vehículos 2021



Fuente: Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA) (2022).

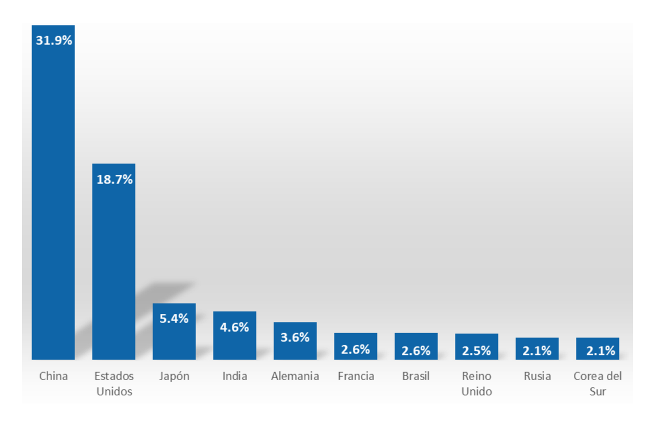
El Gráfico 5 muestra los principales países productores de vehículos a nivel mundial durante al año 2021, y se puede observar que China generó el 32.5% de la producción mundial, seguida de Estados Unidos con una a participación del 11.4% y de Japón con una producción del 9.8%, y ocupando México la séptima posición por detrás de países como la India, Corea del Sur y Alemania. Por lo tanto, es posible establecer que los tres principales productores de vehículos a nivel mundial también son de los principales países promotores de la implementación de la Industria 4.0 en sus empresas.

Gráfico 6. Exportación mundial de vehículos 2021

Fuente: Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA) (2022).

En referencia a la exportación global de vehículos durante el año 2021, el Gráfico 6 indica que Alemania fue el país que más vehículos exportó con un 19.5% del total, seguida de Japón quien tuvo una participación del 12% de las exportaciones globales de vehículos, y de Estados Unidos con un 7.7% del volumen total de exportaciones de vehículos a nivel global, mientras que México se posicionó como el quinto país en exportaciones de vehículos con una participación del 5.6% del volumen total. Por lo cual, es posible establecer que los tres principales exportadores de vehículos a nivel mundial durante el año 2021 son precisamente los países que más han impulsado la aplicación de la Industria 4.0 en las diversas compañías manufactureras que pertenecen a la industria automotriz.

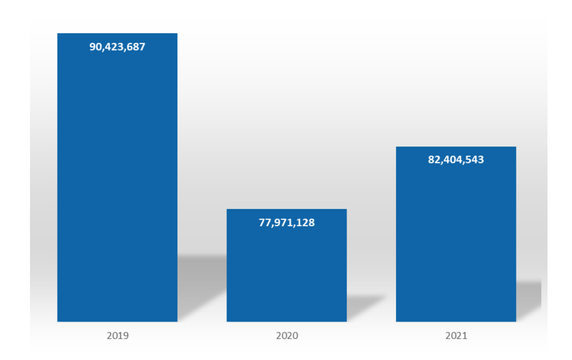
Gráfico 7. Venta mundial de vehículos por país 2021



Fuente: Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA) (2022).

Con respecto a las ventas mundiales de vehículos por país durante el año 2021, el Gráfico 7 indica que China es el principal vendedor de vehículos con una participación del mercado del 31.9% del total del mercado mundial, seguido de Estados Unidos quien realizó ventas de vehículos con un 18.7% del mercado global y, en tercer lugar, se encuentra Japón con una participación del mercado de ventas de vehículos del 5.4%, mientras que México no aparece en esta lista de los 10 principales países de ventas de vehículos a nivel mundial durante el año 2021. Así, es posible establecer que, nuevamente, los tres principales países que más vehículos vendieron en el mercado mundial son también los principales países promotores e impulsores de la aplicación de la Industria 4.0 en las compañías de la industria automotriz.

Gráfico 8. Venta mundial de vehículos en unidades 2019-2021



Fuente: Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA) (2022).

Si consideramos ahora las ventas mundiales de vehículos en unidades producidas durante el período 2019-2021, en el Gráfico 8 se puede observar la disminución sustancial en la venta de unidades en el año 2020, comparado con 2019, al pasar de cerca de 9.5 millones a cerca de 78 millones de vehículos, pero también se registró un incremento durante el año 2021 al realizar una venta mundial de cerca de 82.5 millones de vehículos. Por lo tanto, es posible establecer que el COVID-19 no solamente ocasionó serios problemas en la salud de las personas en casi la totalidad de los países del orbe, sino también restricciones financieras en las empresas al reducir exponencialmente las ventas de vehículos nuevos.

Sin embargo, el COVID-19 también permitió a una cantidad importante de empresas manufactureras, particularmente las relacionadas con la industria automotriz, la aplicación de tecnologías digitales de la Industria 4.0 con la fi-

nalidad de reducir los costos de producción y cambiar totalmente la cadena de suministro de los vehículos nuevos, utilizando para ello la digitalización de la cadena de proveeduría. Además, la Industria 4.0 que ya había sido implementada en varias empresas manufactureras de vehículos, modificaron sus sistemas de producción para convertirlas en productoras de aquellos productos que más se estaban requiriendo para combatir la pandemia del COVID-19 (ventiladores mecánicos), cumpliendo con este tipo de acciones con la responsabilidad social que tienen las compañías.

Gráfico 9. Costos de la manufactura aeroespacial 2020

china	India	México	Rusia	Brasil	Holanda	Canada	Francia	R.U	Italia	EEUUA	Alemania	Australia	Japón
78	81.4	84.3	85.9	94.5	95.8	97	97.2	98.4	98.8	100	100.4	105.2	107.4

Fuente: Hal Open Science (2020).

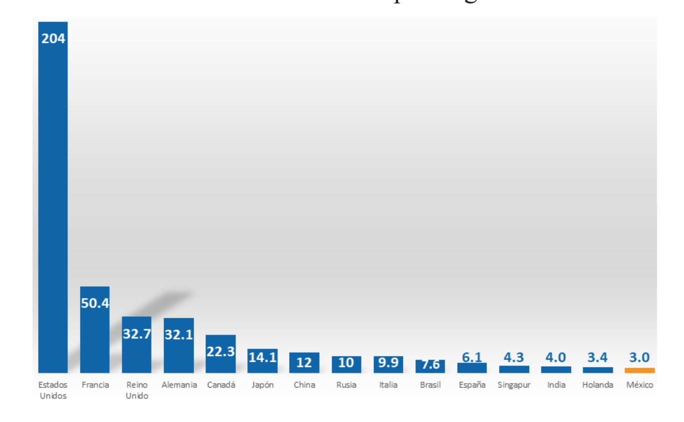
En referencia a la industria manufacturera aeroespacial, el Gráfico 9 indica que China es el país del mundo que tiene los costos más bajos con un promedio de 78 dólares, mientras que la India es el segundo país con unos costos de manufactura promedio de 81.4 dólares y, en tercer lugar, se encuentra México con unos costos de manufactura promedio de 84.3 dólares. Así, se puede concluir que las compañías de la industria espacial de los tres países con los costos más bajos de la industria comúnmente han implementado las tecnologías que integran la Industria 4.0.

Gráfico 10. Países proveedores de partes aeronáuticas a Estados Unidos 2019
(Millones de dólares)

Fuente: Secretaría de Economía (2020).

Con respecto a los principales países proveedores de partes de la industria aeroespacial a Estados Unidos, en el Gráfico 10 se puede observar que Francia es el principal país con una facturación de 8,259 millones de dólares, mientras que Canadá es el segundo país proveedor de partes de la industria aeronáutica al mercado de Estados Unidos, con una participación de 7,147 millones de dólares, y en tercer lugar está el Reino Unido con una participación de mercado de 3,874 millones de dólares. De modo que, es posible establecer que los tres principales países proveedores de partes aeronáuticas al mercado de Estados Unidos, también son los países en los cuales se ha aplicado más la Industria 4.0 en las organizaciones de la industria aeronáutica.

Gráfico 11. Industria aeroespacial global 2018

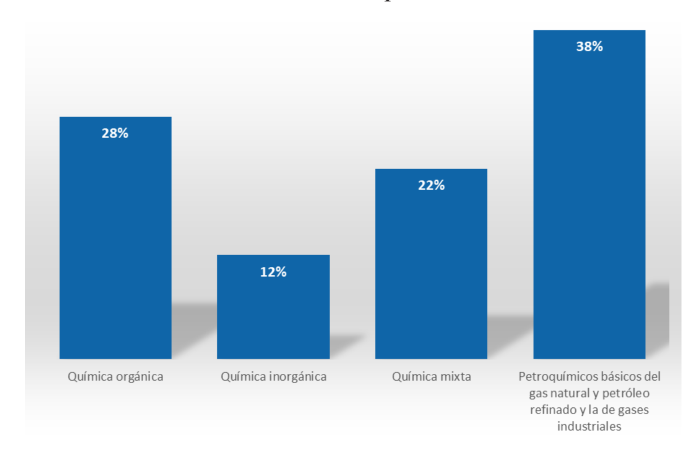


(Ingresos en miles de millones de dólares Fuente: Hal Open Science (2019).

En cuanto a los ingresos generados por la industria aeroespacial global durante el año 2018, el Gráfico 11 muestra que Estados Unidos fue el país que generó un mayor nivel de ingresos a nivel mundial con una cantidad de 204 mil millones de dólares, seguido de Francia con un ingreso de 50.5 mil millones de dólares y, en tercer lugar, el Reino Unido con un ingreso de 32.1 mil millones de dólares a nivel mundial, mientras que la industria aeroespacial generó ingresos en México por 3 mil millones de dólares. Por lo tanto, es posible establecer que, en los tres países donde la industria aeroespacial generó un mayor nivel de ingresos a nivel mundial, son precisamente los países en los cuales se ha adoptado e implementado en un mayor porcentaje la Industria 4.0 en las empresas manufactureras.

Estudios publicados previamente en la literatura han mostrado tanto la importancia que tiene la aplicación de las tecnologías digitales de la Industria 4.0 en la industria aeroespacial, como los excelentes resultados logrados por las empresas manufactureras que la han implementado, ya que es precisamente la industria aeroespacial uno de los sectores en los cuales la adopción de la Industria 4.0 ha generado mayores beneficios a las distintas organizaciones que han apostado por su implementación. En este sentido, es posible establecer que las compañías manufactureras que integran la industria aeroespacial son las organizaciones más adecuadas para la adopción de la digitalización de sus procesos industriales, ya que reúnen las condiciones laborales y de producción para la aplicación y desarrollo de la Industria 4.0.

Gráfico 12. Industria química mundial



Fuente: ProMéxico: Unidad de Inteligencia de Negocios (2018).

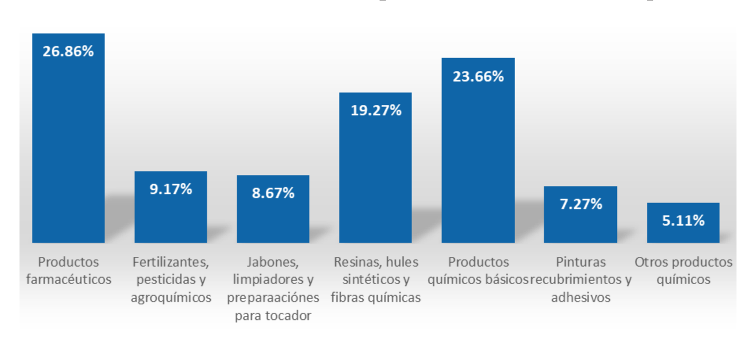
En relación con la industria química global, el Gráfico 12 muestra los cuatro sectores de la industria química, y se observa que la industria petroquímica básica del gas natural y del petróleo es el sector más grande a nivel mundial con alrededor del 38% de las compañías, mientras que la química orgánica es el segundo sector más grande con el 28% del total de las empresas manufactureras, seguida de la química mixta con el 22% del total de las empresas manufactureras y, finalmente, la química inorgánica con el 12% del total de las empresas manufactureras. Por lo tanto, es posible establecer que en los cuatro sectores que integran la industria química mundial, en una parte de las empresas manufactureras se ha adoptado e implementado la Industria 4.0, particularmente en aquellas empresas que pertenecen al sector de la química orgánica e inorgánica.

Gráfico 13. Tasa de crecimiento de la producción de la industria química mundial

Fuente: ProMéxico: Unidad de Inteligencia de Negocios (2018).

El Gráfico 13 muestra la existencia de una disminución de la tasa de producción a partir del año 2011 hasta el año 2015 donde se obtuvo un decrecimiento, pero a partir del año 2016 se recuperó el crecimiento de la industria química, restringiendo nuevamente su crecimiento a partir del año 2019, justamente con la aparición del COVID-19, sin embargo, se aprecia un pequeño crecimiento durante el año 2020 con respecto a 2019. Por ello, se puede establecer que las organizaciones de la industria química a nivel global están mejorando su tasa de crecimiento de la producción, posiblemente una de las principales causas de ello sea la adopción de las tecnologías digitales que integran las industria 4.0.

Gráfico 14. Producción mundial por rama de la industria química



Fuente: ProMéxico: Unidad de Inteligencia de Negocios (2018).

El Gráfico 14 muestra la producción mundial por rama de la industria química, y se observa que la producción de productos farmacéuticos es la rama que tiene la mayor producción con un 26.86% del total de la producción mundial de la industria química, mientras que la producción de productos químicos básicos son la segunda rama de mayor nivel de producción con un 23.66% del volumen total de la producción y la producción de resinas, hules sintéticos y fibras químicas es la tercera rama de mayor nivel de producción con un 19.27% del total de la producción de la industria química. Por lo tanto, es posible establecer que las tres ramas más importantes de producción de la industria química mundial también son las empresas manufactureras en las cuales se han implementado en mayor medida la Industria 4.0.

Gráfico 15. Ingresos de las empresas químicas más grandes del mundo (Millones de dólares)



Fuente: ProMéxico: Unidad de Inteligencia de Negocios (2018).

En cuanto los ingresos de las empresas manufactureras de la industria química más grandes del mundo, en el Gráfico 15 se puede observar que BASF es la empresa química con mayores ingresos durante al año 2018 con 72,677 millones de dólares, mientras que Dow Chemical fue la segunda empresa química con más ingresos al obtener 62,683 millones de dólares y, en tercer lugar, Chem China logró ingresos por venta de sus productos por una cantidad de 57,989 millones de dólares durante el año 2018. Por ello, se puede concluir que, las tres compañías de la industria química que obtuvieron los mayores ingresos por la venta de sus productos en el mercado mundial durante el año 2018 están ubicadas en los países en los cuales se ha aplicado en mayor medida las tecnologías digitales de la Industria 4.0.

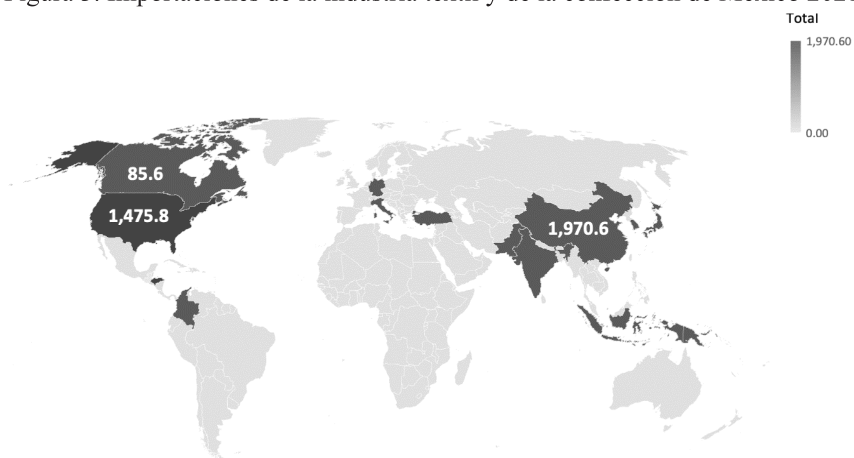
En términos generales, existen en la literatura diversos estudios que han aportado evidencia empírica de la importancia que tiene en las organizaciones que integran la industria química a nivel global, la adopción y aplicación de la Industria 4.0, ya que ello ha permitido a las compañías no solamente la digitalización de sus actividades empresariales, sino también un incremento en la eficiencia en los procesos productivos, una mejora en la cadena de suministro, una reducción sustancial en los niveles de emisión de gases contaminantes al medioambiente, una reducción significativo en el nivel de generación de residuos sólidos industriales, una disminución sustancial en los costos de producción y, finalmente, una mejora sustancial en el rendimiento empresarial y el nivel de competitividad.

Figura 2. Exportaciones de la industria textil y de la confección de México 2021
(Millones de dólares)

Fuente: Cámara Nacional de la Industria Textil y de la Confección (CANAITEX) (2021).

La Figura 2 muestra las exportaciones realizadas por las compañías de la industria textil y de la confección establecidas en México durante el año 2021, e indica que un poco más de 4 mil millones de dólares en diversos productos se exportó al mercado de estados Unidos, mientras que al mercado de Canadá se exportaron productos con un valor de 24.9 millones de dólares y, al mercado de China se exportaron diversos productos con un valor total de mercado de 15.3 millones de dólares. Por lo tanto, es posible establecer que los tres principales mercados de exportación de los productos de las organizaciones empresariales textil y de la confección de México, son los impulsores de la adoptado e implementado la Industria 4.0 en las compañías de la industria textil y de la confección, más no así la mayoría de las empresas de esta industria en México.

Figura 3. Importaciones de la industria textil y de la confección de México 2021

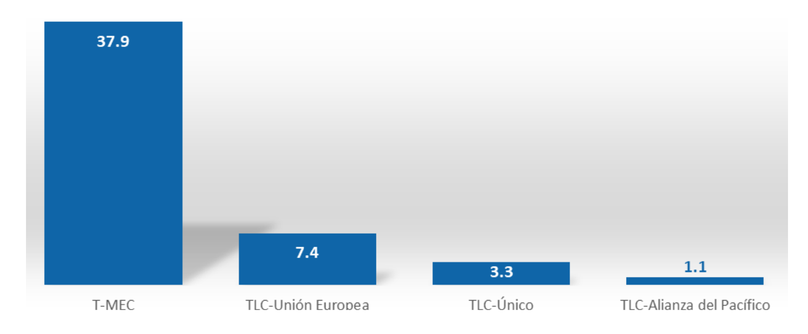


Fuente: Cámara Nacional de la Industria Textil y de la Confección (CANAITEX) (2021).

La Figura 3 indica que China es el principal país importador de productos textiles y de la confección con un valor de mercado de 1,970.6 millones de dólares, mientras que Estados Unidos se colocó como el segundo país de mayor flujo de importaciones con un volumen total del mercado de 1,475.8 millones de dólares, y Canadá representa el tercer país en orden de importancia en las importaciones de productos textiles y de la confección con una cuota de mercado de 85.6 millones de dólares. Por ello, es posible establecer que los tres principales países de donde se importa la mayoría de los productos de origen textil y de la confección de México son, nuevamente, los países en los cuales se

ha aplicado más la Industria 4.0, caso contrario sucede en la inmensa mayoría de las organizaciones empresariales textiles y de la confección de México.

Gráfico 16. Importaciones de la industria textil y de la confección de México 2021
(Porcentajes por bloques comerciales)



Fuente: Cámara Nacional de la Industria Textil y de la Confección (CANAITEX) (2021).

El Gráfico 16 muestra que el 37.9% del total de las importaciones de México provienen de los países que integran el Tratado de Libre Comercio México-Estados Unidos-Canadá (T-MEC), mientras que el 7.4% del total de los productos importados proviene de los países de la Unión Europea y, el 3.3% del volumen total de importaciones de productos de la industria textil y de la confección provienen de los países que integran el Tratado de Libre Comercio Único (Costa Rica-El Salvador-Guatemala-Honduras-Nicaragua). Por lo tanto, es posible establecer que los dos principales bloques comerciales de importación de productos textiles y de la confección, son los que más están promoviendo la adopción y aplicación de las tecnologías digitales de la Industria 4.0 en las empresas manufactureras de la industria textil y de la confección, mientras que en el tercer bloque comercial de importación de productos la promoción de la adopción de la Industria 4.0 es escasa.

En conclusión, existen relativamente pocos estudios publicados en la actual literatura que han realizado una contribución significativa en el aporte de evidencia teórica y empírica de la aplicación de las tecnologías digitales de la Industria 4.0 en las compañías manufactureras de la industria textil y de la confección a nivel globa, particularmente existen publicados algunos estudios de empresas manufactureras de China y Asia, y no se encontró ningún estudio que se haya enfocado en la aplicación de las tecnologías digitales de la Industria 4.0 en las compañías de la industria textil y de la confección de América Latina. Así pues, es posible concluir que de todos los sectores que integran la industria

manufacturera a nivel global, es precisamente en las organizaciones textiles y de la confección donde se ha aplicado en menor medida la Industria 4.0, por lo cual es importante que la comunidad científica, académica y empresarial desarrollen sus estudios futuros en el análisis y discusión de la importancia de que tiene la aplicación de la Industria 4.0 en las empresas manufactureras de esta importante industria.

La Industria 4.0 en México

En las últimas dos décadas y desde su nacimiento un gran número de áreas científicas han analizado la importancia del desarrollo sustentable, entre las cuales se encuentran las ciencias administrativas, sin embargo, los estudios e investigaciones de este rubro están enfocadas en países con un alto nivel de desarrollo (Fahiim *et al.*, 2016). Además, la búsqueda de formas para introducir estrategias de sustentabilidad y obtener beneficios de ellas, es un tema cada vez más frecuente en la mayoría de las empresas manufactureras, particularmente en México, ya que los consumidores asumen con mayor frecuencia un compromiso medioambiental y buscan productos más amigables con el medioambiente, lo cual representa una oportunidad para las compañías (ONUDI, 2014), no solamente para lograr un crecimiento económico mayor, sino también para mejorar la innovación tecnológica (Bebbington & Unerman, 2018).

Los modelos de producción evolucionan desde procesos de automatización especializada a nivel de fábrica, y una robotización aislada y estandarizada, hacia otra con procesos más complejos y autónomos, que abarcan toda la cadena de valor de los productos, con una robotización conectada y colaborativa y con nuevos protocolos de interacción entre personas y máquinas, y entre máquinas y máquinas, los países lideres están abordando estos cambios desde una perspectiva geopolítica, apoyando a los principales conglomerados industriales en el desarrollo de la digitalización de la tecnología para la competitividad industrial. Ejemplo de ello, son las alianzas público-privadas y, en algunos casos, políticas industriales para la infraestructura, desarrollo de capacidades, banco de pruebas y generación de estándares (European Parliament, 2016).

De acuerdo con el Índice Global de Competitividad de Manufactura de Deloitte en los años 2010-2016, China era el país más competitivo en manufactura, mientras que Estados Unidos estaba mejorando su Índice de Competitividad de la cuarta posición el 2010, a la tercera en el 2013 y la segunda en el 2016. Para el año 2020 se proyecta que Estados Unidos asuma el liderazgo en el Índice de Competitividad, seguido por China y Alemania. Estos cambios en la competitividad manufacturera entre países, está configurando tres clústeres dominantes que competirán por la supremacía de la manufactura avanzada, y donde el arbitraje de costos empieza a sustituirse por arbitraje de automatización digital dado por el despliegue de la digitalización industrial. De esta forma, la importancia radica en conocer el grado de uso de la manufactura avanzada en países de economía emergente, cuyas principales fuentes de ingreso son la manufactura, siendo este el caso de México.

Por otro lado, el crecimiento del volumen de datos que se generan de manera automática a través de sensores, máquinas, proveedores, usuarios, etc., supone un activo creciente para las empresas industriales, en muchas ocasiones este activo está infrautilizado, ya que no se extrae información relevante de los datos o no se deriva una correcta toma de decisiones, en este momento, incluso las industrias más avanzadas tienen como objetivo optimizar los sistemas de control e inteligencia, desde un enfoque centrado en los sistemas preexistentes en la empresa, servidores, redes, etc. (Ziora, 2015).

Sin embargo, la implementación de la Industria 4.0 en las empresas manufactureras requiere interactuar con sistemas diferentes, algunos fuera de la propia organización, que pueden tener un importante impacto en el rendimiento del proceso productivo, estos son los sistemas del *big data*, los cuales requieren un volumen de datos que entre a una velocidad y variedad tal, que no puedan ser gestionados con los sistemas habituales de una manera eficaz. Así, los resultados esperados con la adopción de la Industria 4.0 son la optimización y flexibilidad de los sistemas dinámicos de producción, los cuales necesitan de la

aplicación de conceptos de *big data* y análisis avanzado de datos (Kennet *et al.*, 2018). Sin embargo, aunque el *big data* ha estado en la discusión técnica desde el nacimiento de la web 2.0, en que los usuarios eran los mayores productores de contenido, casi todos los conceptos referidos a este modo de tratamiento de datos se referían a datos generados por humanos y no a datos generados automáticamente por máquinas o sensores.

Por ello, los sistemas de tratamiento de datos industriales están diseñados para procesar un tipo de dato muy definido en formato, velocidad y volumen y, por lo tanto, no había necesidad de aplicar otro tipo de técnicas. Sin embargo, bajo la Industria 4.0 y su filosofía de que todo esté conectado, existe una oportunidad de usar el conocimiento y la digitalización de las nuevas tecnologías (Soroka *et al.*, 2017). Un ejemplo de este tipo de tecnologías es el *Internet of things*, el cual es el resultado de las nuevas tecnologías y varios desarrollos técnicos complementarios que proporcionan capacidades, que en conjunto ayudan a cerrar la brecha entre el mundo virtual y físico (García, 2012), y se espera que el *Internet of things* conecte unos 50 mil millones de dispositivos para el año 2050. En la industria de la manufactura, este incremento de dispositivos provee una visión profunda dentro de las operaciones y las nuevas oportunidades para mejorar la calidad, productividad, eficiencia y seguridad.

Adicionalmente, el *Internet of things* está remodelando la producción manufacturera, ya que la rápida afluencia de equipos inteligentes y dispositivos conectados que pueden comunicarse en una red ethernet industrial permite a las empresas manufactureras entender el rendimiento de sus máquinas y procesos como nunca, a medida que redes y dispositivos interactúan, toma una igual importancia el "qué" se está conectando, con el "cómo" se está conectando. Así, la digitalización de las tecnologías permite a las empresas manufactureras gestionar su infraestructura, implementar dispositivos y compartir información de nuevas maneras, por lo cual el resultado final ante el desarrollo de esta cuarta revolución industrial será lograr los mejores beneficios para las empresas manufactureras, pero estas deben estar dando pasos y tomando acciones hoy, para lograr alinearse y estar al día ante los resultados de la nueva era tecnológica en la que vivimos.

Así, por ejemplo, la industria automotriz, que es en la actualidad la industria más importante en el crecimiento y desarrollo de la economía mexicana, al ser la industria que genera la mayor cantidad de empleos y el ingreso de divisas, las cifras más recientes del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), establecen que en el sector de los vehículos ligeros, el más representativo de esta industria, hay una contracción importante: en el período enero-julio de 2020, respecto al mismo período del año anterior, la producción cayó 35.5%, las ventas se redujeron 31.8% y las exportaciones se desplomaron 36.83%. Estas cifras están superando los peores episodios que ha tenido esta

industria ubicados en 1995 (-18.8%) y en 2009 (-27.6%), como consecuencia de la devaluación del peso de diciembre de 1994 y la recesión mundial de 2008-2009, respectivamente, lo cual está generando una severa crisis económica que afecta a la totalidad de la población mexicana.

La crisis económica no es el único reto que está enfrentado esta industria manufacturera, que aporta el 3.7% del PIB nacional mexicano, pues con la entrada en vigor el 1° de julio del Tratado México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC), las empresas manufactureras están modificando algunos de sus esquemas, ya que el tratado establece que los vehículos ligeros deberán tener un mínimo del 75% de contenido hecho en América del Norte (actualmente es del 62.5%), así como del 70% de compras de acero y aluminio regionales. De no dar cumplimiento a las nuevas reglas, los productores mexicanos tendrían que pagar aranceles de entre 4% y 25% para poder exportar los vehículos hacia Estados Unidos, y no se debe perder de vista que el 80% de las exportaciones de la industria automotriz nacional mexicana se destinan a Estados Unidos de América. De esta manera, aparecen áreas de oportunidad ante la incertidumbre de los productores, donde se observa el uso de las diferentes prácticas de la Industria 4.0 para poder solventar estas problemáticas.

En términos generales, la implementación de la Industria 4.0 en las empresas manufactureras de México está ocurriendo desde el año 2015, mediante la interconexión de tecnologías a través de las redes, en la cual se genera un flujo de información digitalizada de los procesos de la empresa, la cual fluye vertical y horizontalmente dentro de la organización. La Industria 4.0 desde entonces ha venido generando cambios en los paradigmas en el ámbito empresarial mexicano, por lo cual, el gobierno del país en conjunto con la empresa privada y la academia viene delineando las políticas públicas para insertar a México en esta cuarta revolución industrial. De esta forma fue creado el Consejo Consultivo Industria 4.0 MX, el cual está conformado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), la academia, empresas nacionales y globales y la oficina de la Presidencia.

Las tecnologías digitales de la Industria 4.0 que comúnmente se utilizan en las empresas manufactureras mexicanas son la robótica, simulación, la realidad virtual y la realidad aumentada, los sistemas de integración horizontal y vertical, el internet de las cosas, ciberseguridad, la nube, *big data* e impresión 3D (INEGI, 2018), y la interconexión entre estas tecnologías es el entramado digital, el cual permite la capacitación de personas mediante simulaciones 100% virtuales. De igual manera, posibilita conectar a la red dispositivos para registrar digitalmente procesos que recopilan información que es analizada en tiempo real que permita a las empresas tomar decisiones más sólidas basadas en datos reales. Gracias a esto, se pueden predecir comportamientos y anticipar

reparaciones, así como tener un mayor control de inventarios. Igualmente se pueden identificar tendencias en los procesos, analizarlas y presentar recomendaciones para la toma de decisiones, de esta manera se hacen más eficientes los procesos de producción.

Por otra parte, también permite hacer más eficientes los procesos secundarios tales como el abastecimiento y la comunicación con la cadena de suministro. Estas soluciones permiten la optimización de la productividad, al reducir costos finales y tiempos de producción, facilitando con ello que las empresas logren aumentar su valor agregado en el mercado. Sin embargo, la adopción e implementación de la Industria 4.0 avanza lentamente en México, a pesar de tener una mano de obra realmente barata, pero la capacitación de este factor humano ha quedado rezagada, lo cual puede ser una de las principales causas que ha frenado la implementación de este modelo en la industria manufacturera mexicana. Asimismo, la deficiente capacitación queda evidenciada por la baja conectividad que tiene la población mexicana, ya que según el análisis realizado por The Social Intelligence Unit (SIU), solamente el 2% de la población total de México cuenta con una conexión a internet.

De esta manera, la falta de conectividad de la población mexicana minimiza la posibilidad de aprovechar el estudio de patrones de demanda para el cálculo de la producción, siendo esta una de las características fundamentales de la industria 4.0. Sin embargo, para un alto porcentaje de la comunidad académica y empresarial, la consolidación de la Industria 4.0 en México seguirá siendo lenta, particularmente porque México no cuenta en la actualidad con bases sólidas para desarrollarla, principalmente porque las habilidades y competencias que tienen los trabajadores y estudiantes universitarios, distan mucho de las necesidades reales de las empresas, e incluso, en un estudio reciente se afirma que el 40% de los jóvenes no se sienten preparados para afrontar el mercado laboral, y que más del 40% de las empresas tienen dificultades para contratar personal capacitado (INEGI, 2018), por lo cual es necesario que se promueva en México la capacitación de los jóvenes en la Industria 4.0.

Las compañías de la industria automotriz de México son el sector que en mayor medida han adoptado y aplicado las tecnologías digitales de la Industria 4.0, pero es relativamente poco el personal de las distintas organizaciones de la industria automotriz, que está debidamente capacitado y especializado en el uso y manejo de las diversas tecnologías digitales que integran la Industria 4.0, lo cual reduce significativamente las oportunidades de inversión en la industria. Además, la conectividad es otro de los problemas más serios a los que se están enfrentando las empresas asentadas en México, pues de acuerdo con un estudio reciente publicado por The Social Intelligence Unit (SIU), el cual se realizó entre los países que pertenecen a la Organización para la Cooperación y

el Desarrollo Económico (OCDE), encontró que México tiene el nivel más alto de rezago en cuando al internet de las cosas, ya que solamente se registran dos dispositivos conectados por cada 100 habitantes.

En los siguientes apartados, se tratará de exponer lo más claro posible para los lectores la adopción y aplicación de la Industria 4.0 en las compañías industriales de los cinco sectores más importantes de México (industria metalmecánica, automotriz, aeroespacial, química y textil), analizando al mismo tiempo la información recabada de la aplicación de una encuesta con la información encontrada en las páginas web de sectores empresariales. En este sentido, la información tanto de la encuesta como de las páginas web de los sectores, se expondrá de manera general priorizando los resultados de la industria y no los resultados de una empresa manufacturera en particular, por lo cual posiblemente los lectores de esta obra conozcan alguna(s) empresa(s) manufacturera(s) de los cinco sectores analizados, que no hayan adoptado y aplicado las tecnologías digitales de la Industria 4.0.

Implementación de la Industria 4.0

en la Industria Metalmecánica de México

En las últimas dos décadas, las actividades de innovación se han intensificado en la mayoría de las empresas, particularmente después de la creación del concepto Industria 4.0, también llamada "*Cuarta Revolución Industrial*", la cual ha hecho la vida más fácil para todas las personas que habitamos este planeta, así como para mejorar esencialmente la eficiencia de los sistemas productivos, gracias a la digitalización de las tecnologías (Xu *et al.*, 2018). Así, en las primeras tres revoluciones industriales que ha visto la humanidad, esencialmente se orientaron en el incremento de los niveles de la productividad industrial, impulsado a través del desarrollo de tecnologías de uso general que se expandieron rápidamente en la mayor parte de las industrias, particularmente en la industria metalmecánica: mecanización de la producción, utilización

de la electricidad y de las tecnologías de la información en los procesos de producción (Kagermann *et al.*, 2013; Veza *et al.*, 2015).

En este sentido, la primera revolución industrial que comenzó al terminar el siglo XVIII se caracterizó prácticamente por el reemplazamiento del trabajo humano y de los animales con la invención de la máquina de vapor (Berg & Hudson, 1992), mientras que la segunda revolución industrial que empezó a inicios del siglo XX, se distinguió por la electrificación y la producción en masa, comúnmente asociada con el nombre de Ford, la cual se generalizó a todas las industrias existentes, entre ellas la industria metalmecánica que jugó un papel elemental en la expansión de la producción en masa (Mokyr, 1998). En cuanto a la tercera revolución industrial que inició en la segunda mitad del siglo XX, se caracterizó por el desarrollo de componentes electrónicos y la aparición de las tecnologías de la información y la comunicación, comenzó con ello la automatización de la producción en todas las industrias, entre ellas la metalmecánica (Kagermann *et al.*, 2013; Ghobakhloo, 2018).

Hoy en día, la cuarta revolución industrial generalmente es considerada por la comunidad científica, académica y empresarial como la nueva revolución digital, la cual está cambiando las formas y procesos industriales y la nueva forma de hacer negocios a nivel mundial, generando con ello cambios sustanciales en la economía y el estilo de vida de la sociedad (Demeter *et al.*, 2019; Horváth & Szabó, 2019; Nagy, 2019). Además, la Industria 4.0 difiere totalmente de las anteriores tres revoluciones industriales, fundamentalmente porque está estrechamente relacionada con la totalidad de las actividades cotidianas que realizan día con día las personas en todo el mundo (Slusarczyk, 2018). Así, la Industria 4.0 es considerada en la literatura como "el uso creciente de la digitalización y automatización de la producción, así como la creación de cadenas de valor digitales que permitan la comunicación entre los productos y los socios ambientales y comerciales" (Lasi *et al.*, 2014: p. 240).

Bajo este contexto, la Industria 4.0 describe el incremento de la digitalización de la totalidad de la cadena de proveeduría de las compañías de la industria metalmecánica, la cual permite una conexión efectiva en el intercambio de datos entre los objetos y los sistemas en tiempo real (Dorst, 2015), por lo cual los productos, la maquinaria y los procesos de producción y distribución pueden ser adaptados, a través de la inteligencia artificial, a los factores medioambientales cambiantes (Hecklau *et al.*, 2016; Magistretti *et al.*, 2019). Por ello, las organizaciones de la industria metalmecánica en México que han aplicado la Industria 4.0, han mejorado significativamente los procesos de producción y el medioambiental, mediante la disminución tanto de los residuos sólidos industriales como de la emisión de contaminantes al medioambiente, logrando

con estas acciones un incremento importante en su rendimiento financiero y económico.

Adicionalmente, la Industria 4.0 afecta directa y sustancialmente al mundo de los negocios, especialmente al negocio de la industria metalmecánica, en tres áreas primordiales: *(1) digitalización e integración vertical y horizontal de las cadenas de valor:* información en la nube, dispositivos electrónicos y plataformas del internet de las cosas; *(2) digitalización de los productos y servicios ofertados:* realidad aumentada, la interacción de clientes en varios niveles y perfiles, análisis de grandes volúmenes de datos, algoritmos avanzados y sensores inteligentes; *(3) modelos de negocios digitales y acceso a clientes:* impresión 3D, autentificación y detección de fraudes, interfaces hombre-máquinas avanzadas y tecnologías de detección de la ubicación (Veeraraghavan & Punjabi, 2018). La Figura 4 expone de manera detallada los efectos en las tres áreas sustanciales de las empresas manufactureras de la industria metalmecánica.

Figura 4: Efectos de la Industria 4.0 en la industria metalmecánica

Fuente: Veeraraghavan y Punjabi (2018).

Sin embargo, la transformación digital que requiere la Industria 4.0 conlleva grandes desafíos que parecen diferir de los cambios tecnológicos realizados en las revoluciones industriales anteriores (Obermayer & Csizmadia, 2021), ya que existen en México, al igual que en otros países de América Latina y de otras partes del mundo, diversas empresas de la industria metalmecánica que están en una situación crítica, generalmente causada por la inmensa variedad de negocios tradicionales en los cuales se tiene maquinaria y equipo obsoletos que crean escaso valor (D'Ippolito *et al.*, 2019; Appio *et al.*, 2021), las cuales necesitan adoptar estrategias de tecnología digital para transformar la crea-

ción de valor de sus productos y servicios (Correani *et al.*, 2020). Por ello, es indispensable que las empresas de la industria metalmecánica reinventen sus modelos de negocio, con la finalidad de sobrevivir en el actual mundo digital cambiante (D'Ippolito *et al.*, 2019), por lo cual la adopción de las nuevas tecnologías digitales es necesaria (Ardito *et al.*, 2019).

En las siguientes tablas y gráficos se analizará la información obtenida de las compañías de la industria metalmecánica de México, con respecto a la adopción e implementación de la Industria 4.0, y se comparará con la información que se tiene registrada en las páginas web de las asociaciones industriales, así como en los estudios realizados al respecto por parte de las dependencias gubernamentales y de las propias cámaras empresariales de la industria metalmecánica.

Tabla 12. Situación media de las empresas con respecto a la adopción de la I4.0

Variables	*Medias*
El apoyo de la alta dirección en el proyecto I4.0 es alto	3.98
El programa de implementación de I4.0 es lógico y realista	3.97
La alta dirección muestra mucho interés en el proyecto I4.0	3.94
La alta dirección revisa el progreso del proyecto I4.0 de forma regular	3.92
Se aplican las herramientas y técnicas de gestión de proyectos adecuadas al adoptar el proyecto I4.0	3.92
Los usuarios internos reciben la formación adecuada en el trabajo para aplicar los sistemas I4.0	3.90
Los gerentes de proyectos experimentados y capaces están a cargo del equipo del proyecto I4.0	3.90
Se invierte tiempo y recursos en capacitar a la mano de obra para utilizar las técnicas de la I4.0	3.85
Se brinda capacitación a los empleados sobre tecnología y procesos I4.0	3.82

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

La Tabla 12 muestra que la principal variable caracteriza a la adopción de la Industria 4.0 en las compañías de la industria metalmecánica es *el apoyo de la alta dirección en el proyecto I4.0 es alto*, con una media de 3.98 (de acuerdo) en una escala de 1 = total desacuerdo a 5 = total acuerdo, como límites, seguida de la variable *el programa de implementación de la I4.0 es lógico y realista*, con un valor medio de 3.97 (de acuerdo) y, por último, se encuentra la variable *la alta dirección muestra mucho interés en el proyecto I4.0*, con una media de 3.94 (de acuerdo). Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible inferir que la adopción y aplicación de la Industria 4.0 en las organizaciones de la industria metalmecánica descansa precisamente en estas tres variables.

Tabla 13. Situación media de las empresas con respecto a la adopción de la I4.0, según el tamaño de la empresa

Variables	*Pequeñas Empresas*	*Medianas Empresas*	*Grandes Empresas*	*Sig.*
El apoyo de la alta dirección en el proyecto I4.0 es alto	3.20	4.00	4.13	
La alta dirección muestra mucho interés en el proyecto I4.0	3.60	3.85	4.13	
La alta dirección revisa el progreso del proyecto I4.0 de forma regular	3.40	3.94	4.00	
Se invierte tiempo y recursos en capacitar a la mano de obra para utilizar las técnicas de la I4.0	2.80	3.88	4.04	*
Los usuarios internos reciben la formación adecuada en el trabajo para aplicar los sistemas I4.0	2.80	4.03	3.96	
Se brinda capacitación a los empleados sobre tecnología y procesos I4.0	2.60	3.94	3.92	
Se aplican las herramientas y técnicas de gestión de proyectos adecuadas al adoptar el proyecto I4.0	3.00	4.03	3.96	
Los gerentes de proyectos experimentados y capaces están a cargo del equipo del proyecto I4.0	3.20	4.00	3.92	
El programa de implementación de I4.0 es lógico y realista	3.20	4.12	3.92	

En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

La Tabla 13 indica que la variable *se invierte tiempo y recursos en capacitar a la mano de obra para utilizar las técnicas de la I4.0*, tiene mayor importancia para las empresas grandes que para las pequeñas empresas, es decir, que las grandes empresas consideran como necesaria la capacitación de su personal en el uso y manejo de las tecnologías digitales, mientras que las pequeñas empresas no lo consideran necesario. El resto de las variables son igual de importantes para todos los tamaños de las empresas. Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible deducir que la adopción y aplicación de la Industria 4.0 en las compañías que integran la industria metalmecánica está en función de su tamaño, particularmente en lo referente a la inversión en la capacitación del personal en el uso y manejo de las tecnologías digitales la Industria 4.0.

Tabla 14. Situación media de las empresas con respecto a la adopción de la I4.0, según la antigüedad de la empresa

Variables	*Empresas Jóvenes (0-10 años)*	*Empresas Maduras (> 10 años)*	*Sig.*
El apoyo de la alta dirección en el proyecto I4.0 es alto	3.83	4.08	
La alta dirección muestra mucho interés en el proyecto I4.0	3.83	4.00	
La alta dirección revisa el progreso del proyecto I4.0 de forma regular	3.79	4.00	
Se invierte tiempo y recursos en capacitar a la mano de obra para utilizar las técnicas de la I4.0	3.75	3.92	
Los usuarios internos reciben la formación adecuada en el trabajo para aplicar los sistemas I4.0	3.88	3.92	
Se brinda capacitación a los empleados sobre tecnología y procesos I4.0	3.67	3.92	
Se aplican las herramientas y técnicas de gestión de proyectos adecuadas al adoptar el proyecto I4.0	3.83	3.97	
Los gerentes de proyectos experimentados y capaces están a cargo del equipo del proyecto I4.0	3.79	3.97	
El programa de implementación de I4.0 es lógico y realista	3.96	3.97	

En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

La Tabla 14 muestra que ninguna de las 9 variables que integran la adopción de la Industria 4.0 son estadísticamente significativas, lo cual permite establecer que la totalidad de las variables son fundamentales para la aplicación de la Industria 4.0 en las organizaciones, con total independencia de la antigüedad de la empresa en el mercado. Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible concluir que la aplicación de la Industria 4.0 en las compañías de la industria metalmecánica no está en función de su antigüedad, es decir, que es adoptada por empresas que están iniciando sus actividades empresariales como por aquellas que ya tienen tiempo en operación.

Tabla 15. Situación media de las empresas con respecto al uso de la tecnología digital de la I4.0

Variables	*Medias*
Cloud computing (almacenamiento en la nube)	4.19
Ciberseguridad	4.06
Impresión 3D	4.02
Herramientas de simulación	3.94
Realidad aumentada	3.85
Soluciones de manufactura avanzada	3.84
Análisis de *big data*	3.82
Manufactura aditiva	3.76

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

En referencia al uso de la tecnología digital que integra la Industria 4.0, en la Tabla 15 se puede observar que la tecnología digital *almacenamiento en la nube* es la tecnología que más se utiliza en las empresas de la industria metalmecánica, con un valor medio de 4.19 (de acuerdo) en una escala de 1 = total desacuerdo a 5 = total acuerdo, mientras que la tecnología digital *ciberseguridad* es la segunda tecnología más utilizada con una media de 4.06 (de acuerdo), seguida de la tecnología digital *impresión 3D* con una media de 4.02 (de acuerdo), el resto de las tecnologías digitales se utilizan muy poco. Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible suponer que las tres tecnologías digitales más utilizadas por las empresas de la industria metalmecánica son el almacenamiento en la nube, la ciberseguridad y la impresión 3D, como parte de la adopción de la Industria 4.0.

Tabla 16. Situación media de las empresas con respecto al uso de la tecnología digital de la I4.0, según el tamaño de la empresa

Variables	*Pequeñas Empresas*	*Medianas Empresas*	*Grandes Empresas*	*Sig.*
Cloud computing (almacenamiento en la nube)	3.40	4.21	4.33	*
Ciberseguridad	3.00	4.18	4.13	*
Análisis de *big data*	2.80	3.88	3.96	
Soluciones de manufactura avanzada	2.60	3.94	3.96	*
Realidad aumentada	3.00	3.97	3.88	
Manufactura aditiva	2.60	3.76	4.00	
Herramientas de simulación	3.00	3.94	4.13	
Impresión 3D	3.00	4.06	4.17	*

En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

En la Tabla 16 se muestra que la tecnología digital *almacenamiento en la nube* es la más importante, y es mucho más importante para las grandes empresas que para las medianas y pequeñas empresas, con una media de 4.33, 4.21 y 3.40 respectivamente, mientras que la tecnología digital *ciberseguridad* es la segunda tecnología más importante, teniendo también una mayor importancia para las grandes empresas que para las medianas y pequeñas empresas, con una media de 4.13, 4.18 y 3.00 respectivamente. En tercer lugar, se encuentra la tecnología digital *impresión 3D*, siendo igual que las dos anteriores, con un mayor grado de importancia para las grandes empresas que para las medianas y pequeñas empresas, con una media de 4.17, 4.06 y 3.00 y, por último, está la tecnología *soluciones de manufactura avanzada* siguiendo el mismo patrón que las tres anteriores. Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible inferir que estas cuatro tecnologías digitales son las más utilizadas por las compañías de la metalmecánica en la aplicación de la Industria 4.0.

Tabla 17. Situación media de las empresas con respecto al uso de la tecnología digital de la I4.0, según la antigüedad de la empresa

Variables	*Empresas Jóvenes (0-10 años)*	*Empresas Maduras (> a 10 años)*	*Sig.*
Cloud computing (almacenamiento en la nube)	4.00	4.32	*
Ciberseguridad	3.92	4.16	
Análisis de *big data*	3.67	3.92	
Soluciones de manufactura avanzada	3.75	3.89	
Realidad aumentada	3.67	3.97	
Manufactura aditiva	3.42	3.97	
Herramientas de simulación	3.71	4.08	
Impresión 3D	3.71	4.21	*

En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

En la Tabla 17 se observa que la tecnología digital *almacenamiento en la nube* es la de mayor grado de importancia, y tiene un grado mayor de importancia para las empresas maduras, con un valor medio de 4.32, que para las empresas jóvenes, con una media de 4.00, y en segundo lugar se encuentra la tecnología digital *impresión 3D*, siendo también más importantes para las empresas maduras, con un valor medio de 4.21, que para las empresas jóvenes, con un valor medio de 3.71, el resto de las variables son igual de importantes, independientemente de la antigüedad que tengan las empresas de la industria metalmecánica en el mercado. Por ello, de acuerdo con la información obtenida, es posible deducir que estas dos tecnologías digitales son las que tienen mayor importancia para las empresas de la industria metalmecánica, cuando se considera la antigüedad de las empresas, y las tecnologías digitales que tienen un mayor grado de utilidad en la aplicación de la Industria 4.0 en las compañías de la metalmecánica.

Tabla 18. Situación media de las empresas con respecto al volumen de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*

Variables	*Medias*
El *big data* utilizado por mi empresa está creciendo rápidamente en relación con hace dos años	3.97
La gran cantidad de datos que utiliza mi empresa es tan grande que se está volviendo difícil de manejar	3.65

Diferencias estadísticamente significativas: (*): p < 0.1; (**): p < 0.05; (***): p < 0.01.

En la Tabla 18 se indica la situación media de las empresas con respecto al volumen de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, y se observa que la variable *el big data utilizado en mi empresa está creciendo rápidamente en relación con hace dos años* es la más importante, con una media de 3.97 (de acuerdo), mientras que la variable *la gran cantidad de datos que utiliza mi empresa es tan grande que está volviendo difícil de manejar* tiene una importancia media, con una media de 3.65. En consecuencia, de acuerdo con la información obtenida es posible concluir que la tecnología digital del *big data* está creciendo rápidamente en las organizaciones de la metalmecánica, como parte de la aplicación de la Industria 4.0.

Tabla 19. Situación media de las empresas con respecto al volumen de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según el tamaño de la empresa

Variables	*Pequeñas Empresas*	*Medianas Empresas*	*Grandes Empresas*	*Sig.*
El *big data* utilizado por mi empresa está creciendo rápidamente en relación con hace dos años	3.60	3.91	4.13	
La gran cantidad de datos que utiliza mi empresa es tan grande que se está volviendo difícil de manejar	2.40	3.58	4.00	**

En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): p < 0.1; (**): p < 0.05; (***): p < 0.01.

La Tabla 19 indica que la variable *la gran cantidad de datos que utiliza mi empresa es tan grande que se está volviendo difícil de manejar* es la variable de mayor nivel de importancia, y tiene una mayor importancia para las grandes empresas que para las medianas y pequeñas empresas, con una media de 4.00, 3.58 y 2.40 respectivamente, mientras que la otra variable es igual de importante sin importar el tamaño que tengan las organizaciones. Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible suponer que la tecnología digital del *big*

data está creciendo en términos del volumen de datos que manejan las compañías de la metalmecánica, como parte de la aplicación de la Industria 4.0.

Tabla 20. Situación media de las empresas con respecto al volumen de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según la antigüedad de la empresa

Variables	*Empresas Jóvenes (0-10 años)*	*Empresas Maduras (> 10 años)*	*Sig.*
El *big data* utilizado por mi empresa está creciendo rápidamente en relación con hace dos años	4.13	3.87	
La gran cantidad de datos que utiliza mi empresa es tan grande que se está volviendo difícil de manejar	3.67	3.63	

En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

La Tabla 20 muestra que las dos variables que integran la variedad de datos de la tecnología del *big data*, son consideradas como igual de importantes sin importar la antigüedad que tengan las empresas de la industria metalmecánica en el mercado. Por tal motivo, de acuerdo con la información obtenida es posible inferir que la variedad de datos de la tecnología del *big data* son igual de importantes para todas las organizaciones de la metalmecánica, cuando se toma en cuenta la antigüedad de estas en el mercado de México.

Tabla 21. Situación media de las empresas con respecto a la variedad de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*

Variables	*Medias*
Los macrodatos que utiliza mi empresa proceden de diversas fuentes	3.82
El *big data* utilizado por mi empresa está bien estructurado, es decir, está bien definido o presentado en tablas	3.87

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

En la Tabla 21 se observa que la variable *los macrodatos que utiliza mi empresa proceden de diversas fuentes* es la de mayor nivel de importancia, con un valor medio de 3.82, mientras que la variable *el big data utilizado por mi empresa está bien estructurado, es decir, está bien definido o presentado* le sigue en orden de importancia con una media de 3.87. Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible deducir que la variedad de datos de la tecnología digital del *big data* de las empresas de la industria metalmecánica, proceden de distintas fuentes, como parte de la Industria 4.0.

Tabla 22. Situación media de las empresas con respecto a la variedad de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según el tamaño de la empresa

Variables	*Pequeñas Empresas*	*Medianas Empresas*	*Grandes Empresas*	*Sig.*
Los macrodatos que utiliza miempresa proceden de diversas fuentes	3.00	3.82	4.00	
El *big data* utilizado por mi empresa está bien estructurado, es decir, está bien definido o presentado en tablas.	3.40	3.94	3.88	

En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

La Tabla 22 indica que las dos variables que integran la variedad de datos de la tecnología del *big data*, son consideradas como igual de importantes sin importar el tamaño de la organización. Por ello, de acuerdo con la información obtenida, es posible concluir que la variedad de datos de la tecnología digital del *big data* es igual de importante para todos los tamaños de las empresas de la industria metalmecánica.

Tabla 23. Situación media de las empresas con respecto a la variedad de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según la antigüedad de la empresa

Variables	*Empresas Jóvenes (0-10 años)*	*Empresas Maduras (> a 10 años)*	*Sig.*
Los macrodatos que utiliza mi empresa proceden de diversas fuentes	4.04	3.68	
El *big data* utilizado por mi empresa está bien estructurado, es decir, está bien definido o presentado en tablas	4.04	3.76	

En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

La Tabla 23 indica que las dos variables que integran la variedad de datos de la tecnología digital del *big data*, se considerar como igual de importantes sin importar la antigüedad que tengan las empresas de existencia. Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible suponer que la variedad de datos de la tecnología digital del *big data* es igual de importante para todas las empresas de la industria metalmecánica, sean estas jóvenes o maduras.

Tabla 24. Situación media de las empresas con respecto a la velocidad de obtención de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*

Variables	*Medias*
El *big data* utilizado por mi empresa incluye una cantidad significativa de datos en tiempo real	3.85
El *big data* utilizado por mi empresa se actualiza con una frecuencia que hace difícil su análisis instantáneo	3.81

Diferencias estadísticamente significativas: (*): p < 0.1; (**): p < 0.05; (***): p < 0.01.

En la Tabla 24 se observa que la variable *el big data utilizado por mi empresa incluye una cantidad significativa de datos en tiempo real*, es la de mayor importancia con un valor medio de 3.85, y la variable *el big data utilizado en mi empresa se actualiza con frecuencia que hace difícil su análisis instantáneo*, está en segundo término con una media de 3.81. Por esta razón, de acuerdo con la información obtenida es posible inferir que la velocidad de la obtención de los datos en las compañías de la metalmecánica, como parte de la tecnología del *big data* de la Industria 4.0 es relativamente incipiente, es decir, no se manejan grandes volúmenes de datos, por lo cual no se requiere de una alta velocidad de obtención de la información.

Tabla 25. Situación media de las empresas con respecto a la velocidad de obtención de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según el tamaño de la empresa

Variables	*Pequeñas Empresas*	*Medianas Empresas*	*Grandes Empresas*	*Sig.*
El *big data* utilizado por mi empresa incluye una cantidad significativa de datos en tiempo real	3.20	3.85	4.00	
El *big data* utilizado por mi empresa se actualiza con una frecuencia que hace difícil su análisis instantáneo	3.40	3.88	3.79	

En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): p < 0.1; (**): p < 0.05; (***): p < 0.01.

La Tabla 25 indica que las dos variables que integran la velocidad de obtención de los datos de la tecnología digital del *big data* son igual de importantes sin importar el tamaño de las organizaciones. Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible deducir que la velocidad de obtención de los datos en las empresas de la industria metalmecánica, como parte de las tecnologías digitales del *big data* que integran la Industria 4.0, es igual de importante para

todos los tamaños de las empresas, es decir, generalmente las empresas no requieren de mucha velocidad de los datos que manejan.

Tabla 26. Situación media de las empresas con respecto a la velocidad de obtención de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según la antigüedad de la empresa

Variables	*Empresas Jóvenes (0-10 años)*	*Empresas Maduras (> 10 años)*	*Sig.*
El *big data* utilizado por mi empresa incluye una cantidad significativa de datos en tiempo real	4.08	3.71	
El *big data* utilizado por mi empresa se actualiza con una frecuencia que hace difícil su análisis instantáneo	3.83	3.79	

En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): p < 0.1; (**): p < 0.05; (***): p < 0.01.

En la Tabla 26 se indica que las dos variables que miden la velocidad de la obtención de los datos de la tecnología digital del *big data*, son consideradas como igual de importantes sin importar la antigüedad que tengan las organizaciones en el mercado. Por ese motivo, de acuerdo con la información obtenida es posible concluir que la velocidad de la obtención de los datos en las compañías de la metalmecánica, como parte de las tecnologías digitales del *big data* que integran la Industria 4.0, es igual de importante para todas las empresas sin importar la antigüedad que tengan de existencia.

Tabla 27. Situación media de las empresas con respecto al valor y rentabilidad de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*

Variables	*Medias*
En general, los macrodatos utilizados por mi empresa representan una buena relación calidad-precio	3.97
El *big data* que utiliza mi empresa es utilizado correctamente y beneficia a la organización	3.94
Los macrodatos que utiliza mi empresa son costosos de procesar	3.85
El *big data* que utiliza mi empresa es costoso de obtener	3.77

Diferencias estadísticamente significativas: (*): p < 0.1; (**): p < 0.05; (***): p < 0.01.

En la Tabla 27 se observa que la variable *en general los macrodatos utilizados por mi empresa representan una buena relación calidad-precio*, es la de mayor nivel de importancia con un valor medio de 3.97, mientras que la variable *el big data que utiliza mi empresa es utilizado correctamente y beneficia a la organización*, con una media de 3.94 está en segundo término, y la variable *los macrodatos que utiliza mi empresa son costosos de procesas*, con una me-

dia de 3.85, está en tercer lugar. Por lo tanto, de acuerdo con la información obtenida es posible suponer que el valor y rentabilidad de los datos que tienen las organizaciones que integran la industria metalmecánica en México, como parte de la tecnología digital del *big data* es aceptable.

Tabla 28. Situación media de las empresas con respecto al valor y rentabilidad de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según tamaño de la empresa

Variables	*Pequeñas Empresas*	*Medianas Empresas*	*Grandes Empresas*	*Sig.*
El *big data* que utiliza mi empresa es utilizado correctamente y beneficia a la organización	3.60	3.91	4.04	
El *big data* que utiliza mi empresa es costoso de obtener	3.00	3.76	3.96	
Los macrodatos que utiliza mi empresa son costosos de procesar	2.80	3.88	4.04	*
En general, los macrodatos utilizados por mi empresa representan una buena relación calidad-precio	3.80	4.06	3.88	

En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

La Tabla 28 muestra que la variable *los macrodatos que utiliza mi empresa son costosos de procesar* es la más importante, y es considerada como la más importante para las grandes compañías, con un valor medio de 4.04 que, para las medianas y pequeñas empresas, con un valor medio de 3.88 y 2.80 respectivamente, las restantes tres variables que integran el valor y rentabilidad de la tecnología digital del *big data* son igual de importantes sin importar el tamaño que tengan las organizaciones. Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible inferir que mientras mayor sea el tamaño de las compañías de la metalmecánica, mayor será el volumen de datos que tienen que procesar y, como consecuencia de ello, los costos de dicho procesamiento.

Tabla 29. Situación media de las empresas con respecto al valor y rentabilidad de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según la antigüedad de la empresa

Variables	*Empresas Jóvenes (0-10 años)*	*Empresas Maduras (> 10 años)*	*Sig.*
El *big data* que utiliza mi empresa es utilizado correctamente y beneficia a la organización	4.04	3.87	
El *big data* que utiliza mi empresa es costoso de obtener	3.75	3.79	
Los macrodatos que utiliza mi empresa son costosos de procesar	3.83	3.87	
En general, los macrodatos utilizados por mi empresa representan una buena relación calidad-precio	4.17	3.84	*

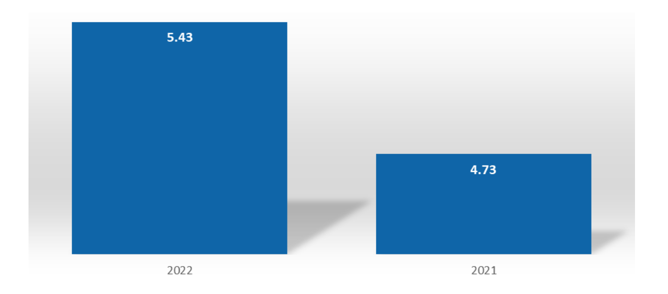
[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

En la Tabla 29 se indica que la variable *en general los macrodatos utilizados por mi empresa representan una buena relación calidad-precio*, es la que tiene el mayor nivel de importancia, y es más importante para las organizaciones jóvenes, con un valor medio de 4.17 que, para las organizaciones maduras, con un valor medio de 3.84, mientras que el resto de las variables son consideradas como igual de importantes sin importar la antigüedad que tengan las empresas. Por lo tanto, de acuerdo con la información obtenida es posible deducir que el volumen de información que se analiza en las organizaciones jóvenes, comúnmente es menor que el volumen de información que es analizada en las organizaciones maduras, de ahí que precisamente las empresas jóvenes consideren que la relación calidad-precio que tienen que pagar por el manejo de sus datos sea adecuada, mas no así lo consideran las empresas maduras que tienen que pagar precios más altos por el manejo del volumen de sus datos.

Una vez que se ha analizado detalladamente la información obtenida directamente de las compañías que pertenecen a la industria metalmecánica de México, mediante la aplicación de una encuesta, ahora es importante analizar minuciosamente la información que se presenta en las distintas fuentes de información oficiales y de la propia industria metalmecánica, sobre la aplicación de las distintas tecnologías digitales de la Industria 4.0, con la finalidad de corroborar la información que proporcionaron directamente los directivos en la encuesta aplicada. En este sentido, en los diversos gráficos que se presentarán a continuación se expondrá el nivel de adopción y aplicación de la Industria 4.0 en las compañías de la metalmecánica, analizando la información de manera general.

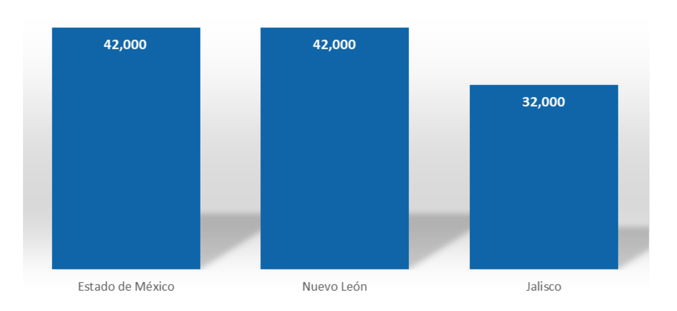
Gráfico 17. PIB de la industria metalmecánica 2021-2022 (Miles de mill0ones de pesos)



Fuente: Data México (2022).

En el Gráfico 17 se observa el registro de un aumento importante del PIB de la industria metalmecánica en el año 2022 con respecto al año anterior, logrando un PIB de 5.43 mil millones de pesos, y en el 2021 se registró un PIB de 4.73 mil millones de pesos. En este sentido, considerando la información anteriormente presentada, es factible concluir que las compañías de la industria metalmecánica de México lograron un crecimiento importante en su nivel de producción, pero no fue posible determinar si parte de este crecimiento en el nivel de la producción fue como consecuencia de la aplicación de las tecnologías digitales que integran la Industria 4.0.

Gráfico 18. Estados con mayor número de unidades económicas de la industria metalmecánica 2022

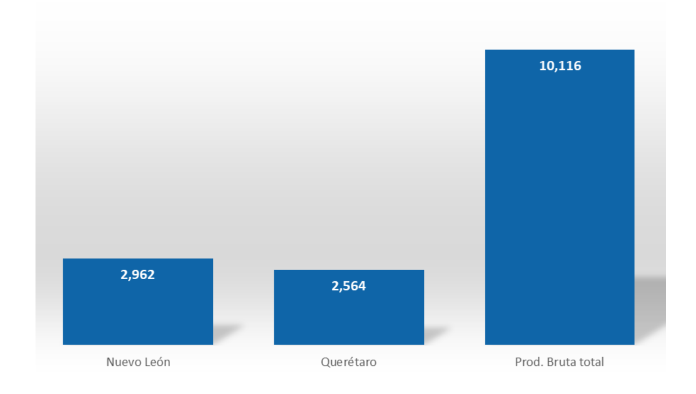


Fuente: Data México (2022).

En el Gráfico 18 se observan los estados que cuentan con la mayor cantidad de empresas de la industria metalmecánica, indicando que tanto el Estado de México como el estado de Nuevo León son los estados que tienen la mayor

cantidad de empresas con 42,000 cada uno de ellos, seguido del estado de Jalisco con una cantidad de 32,000 empresas. Por tal razón, de acuerdo con la información obtenida es posible suponer que la mayor cantidad de las organizaciones de la industria metalmecánica en México se ubican prácticamente en tres estados, en los cuales también es donde se promueve más la aplicación de las tecnologías digitales que integran la Industria 4.0, pero no fue posible identificar en cuántas de estas empresas se ha adoptado dicha industria.

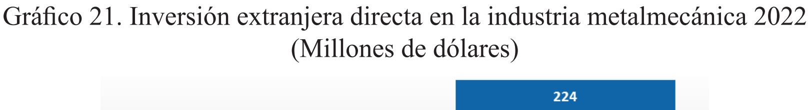
Gráfico 19. Estados con mayor producción bruta de la industria metalmecánica 2019 (Millones de pesos)



Fuente: Data México (2022).

Considerando ahora la producción bruta total de la industria metalmecánica en México, en el Gráfico 19 se puede observar que el estado de Nuevo León es el que concentra la mayor cantidad de producción bruta con un importe de 2,962 millones de pesos durante el año 2019, mientras que el estado de Querétaro es el segundo estado que concentra la mayor cantidad de la producción bruta total del país, con una cantidad de 2,564 millones de pesos, agrupando estos dos estados un poco más del 50% del total de la producción bruta nacional durante el año 2019, el cual fue de 10,116 millones de pesos. De modo que, de acuerdo con la información obtenida es posible inferir que los dos principales estados conde se concentra más del 50% de la producción bruta nacional, sean también los estados en los cuales más se promueve e impulsa la aplicación de las tecnologías digitales que integran la Industria 4.0, pero no fue posible identificar cuánta de esta producción bruta es producto de la adopción de las actividades de la Industria 4.0.

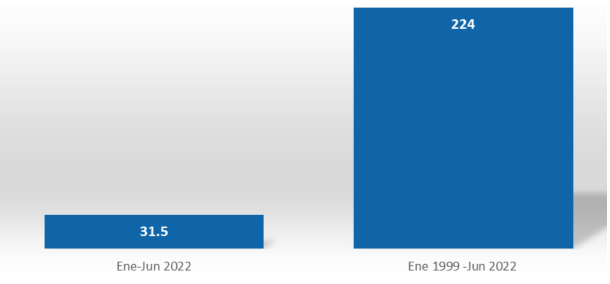
Gráfico 20. Cantidad de empleados en la industria metalmecánica 2022



Fuente: Data México (2022).

El Gráfico 20 muestra la cantidad de empleados y empresas de la industria metalmecánica, y se observa que 167,000 empresas de la industria metalmecánica en México cuentan con entre 0 y 10 empleados (microempresas), mientras que 107,000 empresas tienen registrados entre 11 y 50 empleados (pequeñas empresas), 12,000 empresas cuentan con una cantidad de 51 a 100 empleados (medianas empresas) y solamente 18,000 empresas tienen más de 100 empleados (medianas y grandes empresas). Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible deducir que aun cuando la mayor cantidad de empleados y empresas pertenecen a las micro y pequeñas empresas (0 a 50 empleados), es muy difícil establecer que en este tipo de empresas se adopte e implementen las tecnologías digitales que integran la Industria 4.0, lo más probable es que la Industria 4.0 sea adoptada en aquellas organizaciones con más de 50 empleados (medianas y grandes empresas).

Gráfico 21. Inversión extranjera directa en la industria metalmecánica 2022 (Millones de dólares)



Fuente: Data México (2022).

En el Gráfico 21 se observa que durante el primer semestre de 2022 se registró una inversión extranjera directa de 31.5 millones de dólares, la cual representó el 14% del total de la inversión extranjera directa acumulada en las últimas dos décadas, esta última representó un acumulado de 224 millones de dólares de enero de 1999 a junio de 2022. Por ese motivo, de acuerdo con la información obtenida es posible concluir la existencia de un incremento importante en el monto de la inversión extranjera directa durante el presente año. Se espera que esta inversión genere productos y servicios que contengan un componente importante de tecnología digital de la Industria 4.0.

Gráfico 22. Fabricación de maquinaria y equipo en la industria metalmecánica 2021-2022

Fuente: Indicador Mensual de la Actividad Industrial (IMAI) (INEGI, 2022). Índice Base 2013: 100%.

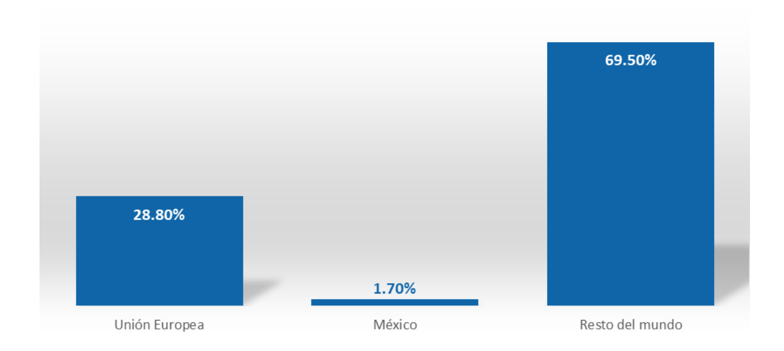
El Gráfico 22 muestra la producción de maquinaria y equipo en las empresas metalmecánicas en los años 2021-2022, y se observa una disminución en la producción en los primeros tres meses del año 2022 con respecto al año 2021, pero se incrementa significativamente el nivel de producción en el segundo trimestre del año 2022 con respecto al año 2021, por lo cual se aprecia un aumento importante en el volumen de producción de maquinaria y equipo durante el primer semestre del año 2022 con respecto al año 2021. Por ello, es posible concluir que las compañías metalmecánicas en México incrementaron su nivel de producción, comparado con la producción registrada en 2013 como base 100, pero no es posible establecer si este crecimiento registrado durante el primer semestre del 2022 fue ocasionado por la adopción e implementación de las tecnologías digitales.

Gráfico 23. Índice de producción industrial en la industria metalmecánica Septiembre de 2022

Fuente: Expansión-Datos Macro 2022.

El Gráfico 23 muestra el índice de producción industrial registrado en las empresas de la industria metalmecánica hasta el mes de septiembre de 2022 a nivel global y se aprecia que, en el caso de México, se obtuvo un aumento muy bajo en el índice de producción industrial del 1.3%, aun cuando también se registró una disminución en el mismo índice durante el mes de septiembre de 0.20%. En este sentido, tomando en cuenta la información anteriormente presentada se peude establecer que las organizaciones de la industria metalmecánica en México lograron un pequeño aumento en el índice de producción industrial, sin embargo, no fue posible establecer si una parte de este incremento se originó como consecuencia de la adopción de la Industria 4.0.

Gráfico 24. Exportaciones mundiales de la industria metalmecánica en 2022



Fuente: TradeMap 2022.

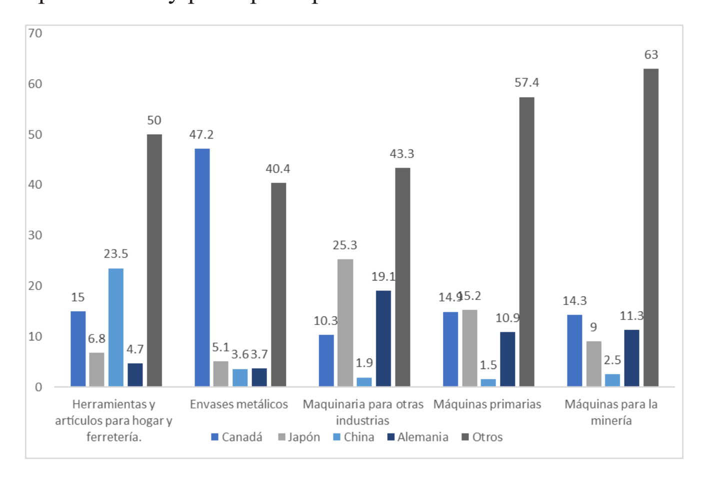
En relación con las exportaciones mundiales de la industria metalmecánica registradas en el año 2022, en el Gráfico 24 se puede observar que las empresas de la industria metalmecánica de México participaron con el 1.7% de las exportaciones mundiales, mientras que los países que integran la Unión Europea participaron con cerca del 29%. Por ello, considerando la información antes mencionada se establece que la participación de las organizaciones de la industria metalmecánica de México en el comercio mundial es relativamente poca, una de las posibles causas podría ser la baja calidad de los productos generados por las empresas mexicanas, o con una bajo valor agregado producto de la utilización de tecnología que no está actualizada (falta de tecnología digital), o bien por la falta de la adopción de la Industria 4.0 en las actividades empresariales.

Gráfico 25. Importaciones mundiales de la industria metalmecánica en 2022

Fuente: TradeMap 2022.

El Gráfico 25 indica que México importó el 2.10% del total de las importaciones globales de la industria metalmecánica, mientras que la Unión Europea importó el 30.10% del volumen total de las importaciones. En este sentido, tomando en consideración la información anterior se puede establecer que las compañías metalmecánicas de México importaron más productos que los que se exportaron a nivel mundial, por lo cual la balanza comercial hasta el momento es negativa para este importante sector de la actividad económica, siendo una posible causa de ello el bajo nivel de calidad de los productos o el bajo nivel de valor agregado a los productos, por lo que denota la ausencia de la aplicación de las tecnologías digitales en la mayoría de las empresas de la industria metalmecánica.

Gráfico 26. Importaciones y principales proveedores de la industria metalmecánica 2022



Fuente: Encuesta Anual Manufacturera, Dane-Dian (2022).

Tomando en cuenta ahora las importaciones y los principales proveedores de la industria metalmecánica en México, el Gráfico 26 muestra que Canadá es el principal proveedor de productos metalmecánicos en el mercado mexicano, particularmente de envases metálicos y máquinas para la minería, seguido de Japón quien es el principal proveedor de maquinaria para otras industrias y máquinas primarias y, por último, Alemania que es el tercer país proveedor de la industria metalmecánica. Por esta razón, de acuerdo con la información obtenida es posible suponer que los tres principales países proveedores de la industria metalmecánica a nivel global, también son los principales países promotores de la aplicación de la Industria 4.0.

En términos generales, es posible concluir que de la información presentada anteriormente no es posible establecer con claridad, cuál o cuánta de esa información cuantitativa proviene de la aplicación de las tecnologías digitales que integran la Industria 4.0, ya que no fue posible identificar la información desagregada de las organizaciones manufactureras de la industria metalmecánica de México. Sin embargo, tampoco es posible inferir que ninguna de la información presentada proviene de la aplicación de la Industria 4.0, ya que existen diversas organizaciones asentadas en el territorio mexicano que provienen de países desarrollados, en los cuales se promueve y desarrolla con gran éxito la tecnología digital de la Industria 4.0, no solamente en los sistemas productivos, sino también en las distintas actividades de comercialización de los productos en el mercado mundial.

Implementación de la Industria 4.0

en la Industria Automotriz en México

Hoy en día, la cuarta revolución industrial se está adoptando y aplicando cada vez con mayor frecuencia en un elevado porcentaje de las organizaciones de todos los sectores y tamaños alrededor del mundo, y se está desarrollando a través del uso de las distintas tecnologías digitales en la automatización inteligente de los sistemas ciberfísicos de las empresas, mediante un control descentralizado y una conectividad avanzada del internet de las cosas (Toni *et al.*, 2021). Este nuevo sistema de digitalización y conectividad de la producción, comúnmente conocido como Industria 4.0, se caracteriza por el desarrollo de un sistema de producción inteligente y autónomo (Arnold *et al.*, 2016), el cual funciona mediante un sistema de conectividad e interoperabilidad que genera flujos continuos de información entre los dispositivos y componentes, la interacción máquina-

máquina (M2M), los sistemas de manufactura y los distintos actores de la organización (Toni *et al.*, 2021).

En este sentido, el objetivo principal de la utilización y aplicación de la Industria 4.0 en las empresas manufactureras es la introducción de tecnologías digitales en todos los procesos industriales, particularmente en tres áreas fundamentales: la automatización de los sistemas productivos, la digitalización de los procesos y el intercambio automático de datos (Schlechtendalh *et al.*, 2015; Almada-Lobo, 2016). Además, la aplicación de la Industria 4.0 en las organizaciones de la industria automotriz, genera un impacto en la calidad de vida de los trabajadores, ya que como resultado del desarrollo de la Industria 4.0 las máquinas, productos y empresas están conectados y comunicados a través del internet de las cosas (IoT), jugando el factor humano un rol esencial en las organizaciones, puesto que la colaboración humano-máquina (H2M) es indispensable para que las tareas de producción completamente automatizadas, puedan funcionar adecuadamente (Toni *et al.*, 2021).

Adicionalmente, en términos de la creación de datos, el uso extensivo de sensores y sistemas de control en los procesos industriales, comúnmente generan grandes volúmenes de datos, por lo cual los sistemas ciberfísicos son utilizados para gestionar adecuada y eficientemente esos grandes volúmenes de datos, generalmente llamados *big data* (Toni *et al.*, 2021). Por ello, el cúmulo de datos que generan las compañías que integran la industria automotriz son analizados de manera sistemática, ya que ello permitir a las organizaciones desarrollar nuevas propuestas de valor para los clientes y consumidores (Gummesson *et al.*, 2010), y, de esta manera, la adopción y aplicación de la Industria 4.0 en las organizaciones de la industria automotriz podrían transformar un recurso potencial (volumen de datos), en un resultado específico (rentabilidad económica o financiera) que beneficia a todas las áreas que integran a la organización (Toni *et al.*, 2021).

Además, la Industria 4.0 se aplica actualmente en la totalidad de las actividades de la industria automotriz, desde los servicios hasta los productos terminados a través de la llamada *smartification* (inteligencia). La industria automotriz a nivel mundial, entre ellas las empresas ubicadas en México, actualmente están experimentando un cambio revolucionario que afecta la interacción entre el trabajo desarrollado por la fuerza de trabajo humana y las máquinas, así como el diseño urbano de las nuevas ciudades inteligentes (Silberg *et al.*, 2012). Así, el desarrollo de vehículos totalmente automatizados podría tener efectos positivos sobre la seguridad, el tiempo, la eficiencia del combustible y los patrones de movilidad (Beiker, 2012; Douma & Palodichuk, 2012; Silberg *et al.*, 2012). Sin embargo, la introducción de esta nueva tecnología genera dos escenarios radicales: aquellas personas que prefieren manejar sus automóviles,

y aquellas personas que prefieren el último nivel de autonomía a través del manejo autónomo de los automóviles (König & Neumayr, 2017).

Bajo este contexto, la Industria 4.0 en las compañías de la industria automotriz en México, al igual que en el resto del mundo, se está desarrollando aceleradamente en todos los sistemas de producción, particularmente, dos tendencias emergentes están transformando el transporte de millones de personas: (1) *los vehículos totalmente automatizados* (vehículos autónomos o sin conductos) y, (2) *la movilidad bajo demanda* (auto compartido), los cuales compiten con el transporte tradicional que realizan otros millones más de personas (coches privados y transporte público) (Greenblatt & Shaheen, 2015). Estas nuevas tendencias están siendo fortalecidas por las tecnologías digitales, las cuales se espera que reemplacen la toma de decisiones humana mediante los algoritmos computacionales en casi la totalidad de los procesos de producción (Toni *et al.*, 2021).

Algunas previsiones establecidas en la literatura establecen claramente que los cambios transformadores a los que están expuestas las empresas automotrices en México, al igual que en todo el planeta, podrían afectar el transporte personal y, potencialmente, a casi la totalidad de los vehículos, los cuales se espera que a mediados del actual siglo sean totalmente autónomos (Greenblatt & Shaheen, 2015). Así, los vehículos autónomos serán coches inteligentes que transporten personas u objetos a un lugar específico con el apoyo de sensores, los cuales garantizarán la seguridad del recorrido, la mejora sustancial del medioambiente, la información en tiempo real del recorrido, la ruta o camino a recorrer y el control total del vehículo, lo que podría incrementar significativamente la calidad de vida de las personas a nivel global (Walker *et al.*, 2001; Levinson *et al.*, 2011; Baruch, 2016; Zhao *et al.*, 2018).

Asimismo, el incremento de la urbanización a nivel mundial está generando las condiciones para óptimas para la aplicación de las tecnologías digitales de la Industria 4.0 (Toni *et al.*, 2021), no solamente en organizaciones que integran la industria automotriz sino de cualquier otro tipo de industria, lo cual requiere la necesidad de renovar y desarrollar la infraestructura urbana, que permita garantizar mejores condiciones vida de la población y la sustentabilidad del medioambiente (Nahtigal & Bertoncelj, 2013; Etezadzadeh, 2015). En este sentido, la Industria 4.0 está cambiando la relación entre los consumidores, productos y fabricantes (Wynstra *et al.*, 2015), a través de equipamiento inteligente que permita la generación e intercambio de información de las localidades, condiciones demográficas, recursos, eficiencia energética y producción urbana (Heck & Rogers, 2014), ya que los consumidores están adoptando cada vez más productos inteligentes con mayor nivel de sofisticación de automatización (Begg, 2014).

Con respecto a la aplicación de las tecnologías digitales en el transporte, se ha incrementado la atención en los estudios orientados al análisis y discusión

de la conducción automatizada, y los efectos potenciales que ello puede generar en el comportamiento de manejo y la infraestructura requerida (Nielsen & Haustein, 2018). Otros estudios más se han enfocado en los probables impactos negativos que generaría la conducción automatizada, en el flujo de tráfico y el rendimiento de la infraestructura en términos de retraso y capacidad (Department for Transport, 2016; Aria *et al.*, 2016), ya que la tecnología digital que integra la Industria 4.0 tendría que recopilar y analizar los datos del entorno humano para incrementar la eficiencia, los servicios y la movilidad (Lasi *et al.*, 2014). En cuanto a la evaluación de las respuestas conductuales en el transporte automatizado, está debidamente establecido y resulta difícil pronosticar opciones futuras, ya que son pocos los países que han experimentado en la conducción automatizada (Nielsen & Haustein, 2018).

En términos generales, la sociedad reconoce los beneficios potenciales que pueden generar las tecnologías digitales de la Industria 4.0, tales como la reducción de los accidentes viales, mayor rendimiento del combustible, menor congestión vial y tiempos de viaje y de traslado mucho más cortos (Toni *et al.*, 2021). Además, también se tienen algunas preocupaciones sobre cuestiones de seguridad, relacionadas con los errores en los sistemas o en la privacidad de los equipos de transporte (Beiker, 2012; Schoettle & Sivac, 2014). Asimismo, otros de los beneficios más importantes del uso y aplicación de las tecnologías digitales es la efectividad y eficiencia de las baterías de los vehículos eléctricos, ya que ello ha incrementado el nivel de seguridad, la productividad en el manejo y el ahorro energético (Anderson *et al.*, 2014; Brown *et al.*, 2014; Troppe, 2014), mejora en la calidad del aire ya que esta tecnología no emite CO_2, eficiencia en el flujo del tráfico y la reducción de espacios de estacionamiento (Greenblatt & Shaheen, 2015).

En un estudio reciente, Guglielmetti-Mugion *et al.* (2019) en referencia al coche compartido, sugirieron que el uso de automóviles de alta tecnología está estrechamente relacionado con el uso de tecnologías digitales, por lo cual los vehículos tendrán que incorporar los modelos de aceptación de la tecnología digital por parte de la sociedad donde se comercialicen dichos vehículos. Además, diversos factores socioeconómicos tienen una fuerte influencia en la aceptación de los vehículos con un elevado nivel de tecnología digital (Nordhoff *et al.*, 2016), siendo algunos de los más importantes el género, edad, ingresos, conocimiento de las tendencias de la automatización y del nivel de autonomía de los coches (Becker & Axhausen, 2017). En este sentido, los hombres jóvenes son el grupo social que están más receptivos a la aceptación del manejo automatizado, particularmente los jóvenes que tienen altos ingresos, quienes tienen mayores posibilidades de pagar los precios de este tipo de vehículos (Toni *et al.*, 2021).

Sin embargo, aun cuando se han demostrado los beneficios que generan en las compañías las tecnologías digitales, la aplicación de la Industria 4.0 dependerá particularmente de las características de los usuarios, de la percepción de las personas entre moverse y ser movidos (Böhm *et al.*, 2006), del entusiasmo que tienen las personas por conducir automóviles por placer (Glancy, 2012), y del uso o no del transporte público por parte de las personas (Böhm *et al.*, 2006). Adicionalmente, existen problemas de privacidad ya que es necesario realizar un seguimiento de la conducción diaria de las personas, para que el sistema funcione adecuadamente (Song *et al.*, 2010; Beiker, 2012; Silberg *et al.*, 2012). De hecho, uno de los aspectos que más preocupa a la tecnología digital, es controlar una mayor eficiencia en la recopilación de datos (Roman *et al.*, 2013), por lo cual la pregunta que se tendrá que resolver en un futuro inmediato es ¿cómo garantizar un nivel suficiente de privacidad y seguridad de las personas que no impida el acceso a sus datos?

En las siguientes tablas y gráficos se analizará con mayor detalle la información obtenida de las compañías que integran la industria automotriz de México, con respecto a la adopción e implementación de la Industria 4.0, y se comparará con la información que se tiene registrada en las páginas web de las asociaciones industriales, así como en los estudios realizados al respecto por parte de las dependencias gubernamentales y de las propias cámaras empresariales que pertenecen a esta industria.

Tabla 30. Situación media de las empresas con respecto a la adopción de la I4.0

Variables	*Medias*
El apoyo de la alta dirección en el proyecto I4.0 es alto	3.70
La alta dirección muestra mucho interés en el proyecto I4.0	3.70
El programa de implementación de I4.0 es lógico y realista	3.70
Se aplican las herramientas y técnicas de gestión de proyectos adecuadas al adoptar el proyecto I4.0	3.63
Los gerentes de proyectos experimentados y capaces están a cargo del equipo del proyecto I4.0	3.63
La alta dirección revisa el progreso del proyecto I4.0 de forma regular	3.61
Se brinda capacitación a los empleados sobre tecnología y procesos I4.0	3.58
Se invierte tiempo y recursos en capacitar a la mano de obra para utilizar las técnicas I4.0	3.53
Los usuarios internos reciben la formación adecuada en el trabajo para aplicar los sistemas I4.0	3.53

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

La Tabla 30 indica que las variables *el apoyo de la alta dirección en el proyecto I4.0 es alto*, *la alta dirección muestra mucho interés en el proyecto I4.0* y, *el programa de implementación de I4.0 es lógico y realista*, son las tres variables más importantes en la adopción de la Industria 4.0 al contar con una

media de 3.70 (de regula a de acuerdo), medidas a través de una escala de 1 = total desacuerdo a 5 = total acuerdo, las demás variables están muy cercanas al valor medio de 3.00 (neutral). En este sentido, considerando la información anterior es posible deducir que la aplicación de las actividades de la Industria 4.0 en las organizaciones de la industria automotriz de México, está centrada principalmente en estas tres variables, lo cual establece que la alta gerencia está en línea con el uso y aplicación de las actividades de la Industria 4.0 en todas las áreas de la organización.

Tabla 31. Situación media de las empresas con respecto a la adopción de la I4.0 según el tamaño de la empresa

Variables	*Pequeñas Empresas*	*Medianas Empresas*	*Grandes Empresas*	*Sig.*
El apoyo de la alta dirección en el proyecto I4.0 es alto	3.00	3.44	3.87	*
La alta dirección muestra mucho interés en el proyecto I4.0	3.00	3.40	3.80	*
La alta dirección revisa el progreso del proyecto I4.0 de forma regular	2.67	3.60	3.67	
Se invierte tiempo y recursos en capacitar a la mano de obra para utilizar las técnicas I4.0	3.00	3.52	3.56	
Los usuarios internos reciben la formación adecuada en el trabajo para aplicar los sistemas I4.0	2.67	3.40	3.63	
Se brinda capacitación a los empleados sobre tecnología y procesos I4.0	2.67	3.36	3.73	*
Se aplican las herramientas y técnicas de gestión de proyectos adecuadas al adoptar el proyecto I4.0	2.67	3.52	3.73	
Los gerentes de proyectos experimentados y capaces están a cargo del equipo del proyecto I4.0	3.00	3.64	3.65	
El programa de implementación de I4.0 es lógico y realista	3.00	3.76	3.71	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

La Tabla 31 muestra que la variable *el apoyo de la alta dirección en el proyecto I4.0 es alto* es la de mayor importancia en la adopción de la Industria 4.0, y es mucho más importante para las grandes compañías que para las medianas y las pequeñas organizaciones, con un valor medio de 3.87, 3.44 y 3.00 respectivamente, seguida de la variable *la alta dirección muestra mucho*

interés en el proyecto I4.0, teniendo también un mayor grado de importancia para las grandes compañías que para las medianas y pequeñas organizaciones, con valor medio de 3.80, 3.40 y 3.00 respectivamente, y en tercer lugar se encuentra la variable *se brinda capacitación a los empleados sobre tecnología y procesos I4.0*, teniendo una mayor importancia, al igual que las anteriores, para las grandes compañías que para las medianas y las pequeñas compañías, con un valor medio de 3.73, 3.36 y 2.67 respectivamente.

En este sentido, considerando la información anteriormente presentada es factible concluir que son las grandes compañías las que tienen mayor claridad en la adopción y aplicación de la Industria 4.0, mientras que las medianas empresas tienen cierta claridad en los beneficios e importancia de esta estrategia empresarial, pero lo más sorprendente es que sean las pequeñas empresas las que no tienen claro para qué sirve la Industria 4.0, o las pocas empresas que la han adoptado sea más como un requisito de las grandes empresas que por iniciativa propia.

Tabla 32. Situación media de las empresas con respecto a la adopción de la I4.0, según la antigüedad de las empresas

Variables	*Empresas Jóvenes*	*Empresas Maduras*	*Sig.*
El apoyo de la alta dirección en el proyecto I4.0 es alto	3.81	3.60	
La alta dirección muestra mucho interés en el proyecto I4.0	3.68	3.72	
La alta dirección revisa el progreso del proyecto I4.0 de forma regular	3.59	3.63	
Se invierte tiempo y recursos en capacitar a la mano de obra para utilizar las técnicas I4.0	3.57	3.49	
Los usuarios internos reciben la formación adecuada en el trabajo para aplicar los sistemas I4.0	3.51	3.53	
Se brinda capacitación a los empleados sobre tecnología y procesos I4.0	3.62	3.53	
Se aplican las herramientas y técnicas de gestión de proyectos adecuadas al adoptar el proyecto I4.0	3.70	3.56	
Los gerentes de proyectos experimentados y capaces están a cargo del equipo del proyecto I4.0	3.57	3.67	
El programa de implementación de I4.0 es lógico y realista	3.62	3.77	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

En la Tabla 32 se observa que todas las variables de la adopción de la Industria 4.0 son igual de importantes, tanto para las compañías jóvenes como para las maduras, sin importar los años de existencia. Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible suponer que la antigüedad que tengan las empresas en el mercado no es determinante para la aplicación de las actividades de la Industria 4.0.

Tabla 33. Situación media de las empresas con respecto al uso de la tecnología digital de la I4.0

Variables	*Medias*
Cloud computing (almacenamiento en la nube)	3.84
Ciberseguridad	3.75
Impresión 3D	3.64
Análisis de *big data*	3.60
Soluciones de manufactura avanzada	3.55
Manufactura aditiva	3.55
Realidad aumentada	3.54
Herramientas de simulación	3.53

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

La Tabla 33 indica la situación media de las empresas de la industria automotriz con respecto al uso de la tecnología digital que integra la Industria 4.0, y se observa que el *almacenamiento en la nube* es la tecnología más utilizada, con una media de 3.84 (casi de acuerdo), mientras que la *ciberseguridad* es la segunda tecnología de mayor uso con una media de 3.75 (casi de acuerdo), y la *impresión 3D* es la tercera tecnología de mayor nivel de uso con una media de 3.64 (un poco casi de acuerdo). Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible inferir que la aplicación de las actividades de la Industria 4.0 en las organizaciones que integran la industria automotriz en México descansa prácticamente en estas tres tecnologías digitales.

Tabla 34. Situación media de las empresas con respecto al uso de la tecnología digital de la I4.0, según el tamaño de la empresa

Variables	*Pequeñas Empresas*	*Medianas Empresas*	*Grandes Empresas*	*Sig.*
Cloud computing (almacenamiento en la nube)	3.00	3.80	3.90	

Ciberseguridad	2.67	3.64	3.87	
Análisis de *big data*	3.00	3.40	3.73	
Soluciones de manufactura avanzada	3.00	3.64	3.54	
Realidad aumentada	3.00	3.72	3.48	
Manufactura aditiva	2.67	3.68	3.54	
Herramientas de simulación	2.67	3.72	3.48	
Impresión 3D	2.67	3.84	3.60	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

En la Tabla 34 se observa que las ocho tecnologías digitales que integran la utilización y aplicación de las actividades de la Industria 4.0 son consideradas por los empresarios como igual de importantes, sin importar el tamaño que tengan las compañías manufactureras. En este sentido, de acuerdo con la información obtenida es posible deducir que, el tamaño que tengan las organizaciones que pertenecen a la industria automotriz en México no es un factor determinante para la aplicación de las tecnologías digitales de las actividades de la Industria 4.0, en otras palabras, cualquier empresa de la industria automotriz, independientemente del tamaño que ésta tenga, tiene la misma posibilidad de la implementación de las tecnologías digitales que integran la Industria 4.0 en la totalidad de las actividades de la organización.

Tabla 35. Situación media de las empresas con respecto al uso de la tecnología digital de la I4.0, según la antigüedad de las empresas

Variables	*Empresas Jóvenes*	*Empresas Maduras*	*Sig.*
Cloud computing (almacenamiento en la nube)	3.76	3.91	
Ciberseguridad	3.68	3.81	
Análisis de *big data*	3.70	3.51	
Soluciones de manufactura avanzada	3.70	3.42	
Realidad aumentada	3.46	3.60	
Manufactura aditiva	3.49	3.60	
Herramientas de simulación	3.46	3.58	
Impresión 3D	3.46	3.79	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

La Tabla 35 muestra que, al igual que el tamaño de las empresas, las ocho tecnologías digitales son consideradas por los gerentes de las empresas como igual de importantes, sin importar la antigüedad que tengan las compañías de estar operado. Por lo tanto, de acuerdo con la información obtenida es posible concluir que la utilización y aplicación de las tecnologías digitales de la Industria 4.0, puede ser implementada en cualquier tipo de empresa manufacturera de la industria automotriz de México, sin importar la antigüedad que tengan las organizaciones realizando sus actividades empresariales.

Tabla 36. Situación media de las empresas con respecto al volumen de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*

Variables	*Medias*
El *big data* utilizado por mi empresa está creciendo rápidamente en relación con hace dos años.	3.81
La gran cantidad de datos que utiliza mi empresa es tan grande que se está volviendo difícil de manejar	3.64

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

En la Tabla 36 se muestra la situación media de las empresas con respecto al volumen de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, y se observa que la variable *el big data utilizado en mi empresa está creciendo rápidamente en relación con hace dos años*, es la más importante con una media de 3.81 (casi de acuerdo), mientras que la variable *la gran cantidad de datos que utiliza mi empresa es tan grande que se está volviendo difícil de manejar*, es la segunda variable más importante con una media de 3.64. Por este motivo, de acuerdo con la información obtenida es posible suponer que las dos variables que integran el volumen de datos de la tecnología digital del análisis de *big data* son importantes para el uso y aplicación de la Industria 4.0.

Tabla 37. Situación media de las empresas con respecto al volumen de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según el tamaño de la empresa

Variables	*Pequeñas Empresas*	*Medianas Empresas*	*Grandes Empresas*	*Sig.*
El *big data* utilizado por mi empresa está creciendo rápidamente en relación con hace dos años.	3.33	3.72	3.88	
La gran cantidad de datos que utiliza mi empresa es tan grande que se está volviendo difícil de manejar.	2.67	3.80	3.62	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

La Tabla 37 muestra que las dos variables que integran el volumen de datos de la tecnología digital del análisis de *big data*, tienen el mismo grado de importancia con independencia del tamaño que tengan las empresas manufactureras. Por consiguiente, de acuerdo con la información obtenida es posible inferir que el volumen de datos de la tecnología digital del análisis de *big data* como parte de la utilización y aplicación de las tecnologías digitales de la Industria 4.0, tiene la misma importancia para todas las empresas sin importar el tamaño que éstas posean.

Tabla 38. Situación media de las empresas con respecto al volumen de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según la antigüedad de las empresas

Variables	*Empresas Jóvenes*	*Empresas Maduras*	*Sig.*
El *big data* utilizado por mi empresa está creciendo rápidamente en relación con hace dos años	3.73	3.88	
La gran cantidad de datos que utiliza mi empresa es tan grande que se está volviendo difícil de manejar	3.49	3.77	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

En la Tabla 38 se observa que las dos variables que integran el volumen de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, son consideradas por los gerentes de las compañías como igual de importantes, sin importar la antigüedad que tengan las empresas realizando sus actividades industriales. Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible deducir que el volumen de datos de la tecnología digital de análisis de *big data* que integran el uso y aplicación de las actividades de la Industria 4.0, tienen la misma importancia

para la totalidad de las organizaciones automotrices de México, sin importar la cantidad de años que tengan realizando sus operaciones empresariales.

Tabla 39. Situación media de las empresas con respecto a la variedad de datos de la tecnología de análisis de *big data*

Variables	*Medias*
El *big data* utilizado por mi empresa está bien estructurado, es decir, está bien definido o presentado en tablas	3.78
Los macrodatos que utiliza mi empresa proceden de diversas fuentes	3.60

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

En la Tabla 39 se aprecia la situación media de las empresas con respecto a la variedad de datos de la tecnología de análisis de *big data*, y se observa que la variable *el big data utilizado en mi empresa está bien estructurado, es decir, está bien definido o presentado en tablas* es la más importante con una media de 3.78 (casi de acuerdo), seguida de la variable *los macrodatos que utiliza mi empresa proceden de diversas fuentes* con un valor medio de 3.60. En este sentido, tomando en cuenta la información anteriormente presentada es posible concluir que estados dos variables que integran la variedad de datos de análisis de *big data* son muy importantes para las compañías de la industria automotriz.

Tabla 40. Situación media de las empresas con respecto a la variedad de datos de la tecnología de análisis de *big data*, según el tamaño de la empresa

Variables	*Pequeñas Empresas*	*Medianas Empresas*	*Grandes Empresas*	*Sig.*
Los macrodatos que utiliza mi empresa proceden de diversas fuentes	2.67	3.60	3.65	
El *big data* utilizado por mi empresa está bien estructurado, es decir, está bien definido o presentado en tablas	3.67	3.80	3.77	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

La Tabla 40 indica que las dos variables que integran la variedad de datos de la tecnología de análisis de *big data*, son consideradas por los gerentes de las compañías como igual de importantes, sin importar si las organizaciones son pequeñas, medianas o grandes. En este sentido, de acuerdo con la información obtenida es posible suponer que la variedad de datos es importante para las empresas con independencia del tamaño que éstas posean.

Tabla 41. Situación media de las empresas con respecto a la variedad de datos de la tecnología de análisis de *big data*, según la antigüedad de las empresas

Variables	*Empresas Jóvenes*	*Empresas Maduras*	*Sig.*
Los macrodatos que utiliza mi empresa proceden de diversas fuentes	3.59	3.60	
El *big data* utilizado por mi empresa está bien estructurado, es decir, está bien definido o presentado en tablas	3.70	3.84	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

Considerando el tiempo de permanencia que tienen las empresas de la industria automotriz de México, en la Tabla 41 se puede observar que, al igual que el tamaño de las empresas, las dos variables que integran la variedad de datos de la tecnología de análisis de *big data* son consideradas por el gremio empresarial como igual de importantes, con independencia de la antigüedad que éstas tengan realizando sus operaciones industriales. Por lo que, de acuerdo con la información obtenida es posible inferir que la variedad de datos es muy importante para las empresas, independientemente de la antigüedad de éstas en el mercado en el que participan.

Tabla 42. Situación media de las empresas con respecto a la velocidad de obtención de datos de la tecnología de análisis de *big data*

Variables	*Medias*
El *big data* utilizado por mi empresa se actualiza con una frecuencia que hace difícil su análisis instantáneo	3.71
El *big data* utilizado por mi empresa incluye una cantidad significativa de datos en tiempo real	3.64

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

En la Tabla 42 se observa que la variable *el big data utilizado por mi empresa se actualiza con una frecuencia que hace difícil su análisis instantáneo*, es la de mayor importancia con una media de 3.71 (casi de acuerdo), seguida de la variable *el big data utilizado por mi empresa incluye una cantidad significativa de datos en tiempo real*, con un valor medio de 3.64. Así, considerando la información presentada con anterioridad es posible deducir que las dos variables que integran la velocidad de obtención de datos de la tecnología digital de análisis de *big data* son esenciales en la adopción y aplicación de las actividades de la Industria 4.0 en las compañías de la industria automotriz.

Tabla 43. Situación media de las empresas con respecto a la velocidad de obtención de datos de la tecnología de análisis de *big data*, según el tamaño de la empresa

Variables	*Pequeñas Empresas*	*Medianas Empresas*	*Grandes Empresas*	*Sig.*
El *big data* utilizado por mi empresa incluye una cantidad significativa de datos en tiempo real	2.67	3.60	3.71	
El *big data* utilizado por mi empresa se actualiza con una frecuencia que hace difícil su análisis instantáneo	3.33	3.60	3.79	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): p < 0.1; (**): p < 0.05; (***): p < 0.01.

Considerando el tamaño de las organizaciones que pertenecen a la industria automotriz de México, en la Tabla 43 se puede observar que las dos variables que integran la velocidad de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, tienen el mismo grado de importancia sin importar para nada el tamaño que tengan las empresas. Por lo tanto, tomando en consideración la información recabada se peude concluir que el tamaño de las compañías de la industria automotriz no es un factor determinante de la velocidad de obtención de datos de la tecnología de análisis de *big data*.

Tabla 44. Situación media de las empresas con respecto a la velocidad de obtención de datos de la tecnología de análisis de *big data*, según la antigüedad de las empresas

Variables	*Empresas Jóvenes*	*Empresas Maduras*	*Sig.*
El *big data* utilizado por mi empresa incluye una cantidad significativa de datos en tiempo real.	3.65	3.63	
El *big data* utilizado por mi empresa se actualiza con una frecuencia que hace difícil su análisis instantáneo.	3.62	3.79	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): p < 0.1; (**): p < 0.05; (***): p < 0.01.

En la Tabla 44 se puede observar que las dos variables que conforman la velocidad de la obtención de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, son consideradas por los empresarios como igual de importantes sin importar los años que tengan las organizaciones realizando sus actividades industriales. Por lo tanto, considerando la información presentada en líneas anteriores se puede establecer que la antigüedad de las compañías que pertenecen a

la industria automotriz no puede ser considerado como un factor que determine la velocidad de obtención de datos de la tecnología digital *big data*.

Tabla 45. Situación media de las empresas con respecto al valor y rentabilidad de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*

Variables	*Medias*
En general, los macrodatos utilizados por mi empresa representan una buena relación calidad-precio	3.75
Los macrodatos que utiliza mi empresa son costosos de procesar	3.69
El *big data* que utiliza mi empresa es utilizado correctamente y beneficia a la organización	3.60
El *big data* que utiliza mi empresa es costoso de obtener	3.58

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

La Tabla 45 muestra que la variable *en general los macrodatos utilizados por mi empresa representan una buena relación calidad-precio*, con una media de 3.75 (casi de acuerdo), mientras que la variable *los macrodatos que utiliza mi empresa son costosos de procesar*, es la segunda más importante con una media de 3.69 (casi de acuerdo) y, la tercera variable más importante es *el big data que utiliza mi empresa es utilizado correctamente y beneficia a la organización*, con una media de 3.60. Por ello, tomando en cuenta la información presentada con anterioridad es posible inferir que las tres primeras variables presentadas en la Tabla 45 tienen el grado más alto de importancia y en ellas descansa el valor y rentabilidad de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, como parte de la adopción de la Industria 4.0 por parte de las organizaciones de la industria automotriz de México.

Tabla 46. Situación media de las empresas con respecto al valor y rentabilidad de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según el tamaño de la empresa

Variables	*Pequeñas Empresas*	*Medianas Empresas*	*Grandes Empresas*	*Sig.*
El *big data* que utiliza mi empresa es utilizado correctamente y beneficia a la organización	3.00	3.48	3.69	
El *big data* que utiliza mi empresa es costoso de obtener	2.67	3.44	3.69	

Los macrodatos que utiliza mi empresa son costosos de procesar	3.00	3.80	3.67	
En general, los macrodatos utilizados por mi empresa representan una buena relación calidad-precio	3.00	3.72	3.81	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): p < 0.1; (**): p < 0.05; (***): p < 0.01.

La Tabla 46 muestra que las cuatro variables que integran el valor y rentabilidad de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, son consideradas por los gerentes de las compañías automotrices con el mismo grado de importancia sin importar el tamaño que éstas tengan. En este sentido, tomando en cuenta la información presentada en las líneas anteriores se puede establecer que el tamaño que tengan las organizaciones no puede ser considerado como un factor que determine en valor y rentabilidad de los datos de la tecnología de análisis de *big data* de las compañías que pertenecen a la industria automotriz.

Tabla 47. Situación media de las empresas con respecto al valor y rentabilidad de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según la antigüedad de las empresas

Variables	*Empresas Jóvenes*	*Empresas Maduras*	*Sig.*
El *big data* que utiliza mi empresa es utilizado correctamente y beneficia a la organización	3.57	3.63	
El *big data* que utiliza mi empresa es costoso de obtener	3.43	3.70	
Los macrodatos que utiliza mi empresa son costosos de procesar	3.70	3.67	
En general, los macrodatos utilizados por mi empresa representan una buena relación calidad-precio	3.76	3.74	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): p < 0.1; (**): p < 0.05; (***): p < 0.01.

En la Tabla 47 es posible observar que las cuatro variables que integran el valor y rentabilidad de datos de la tecnología de análisis de *big data* tienen el mismo nivel de importancia, con independencia de los años que tengan las empresas en el mercado. Por lo cual, de acuerdo con la información obtenida, es factible establecer que el tiempo de permanencia que tengan las organizaciones que pertenecen a la industria automotriz no puede ser considerado como un factor que establezca el valor y rentabilidad de los datos de la tecnología de análisis de *big data* de las compañías que pertenecen a la industria automotriz, como parte de la adopción de la Industria 4.0.

Una vez analizada la información obtenida directamente de las organizaciones industriales que pertenecen a la industria automotriz de México mediante la

aplicación de una encuesta, ahora es importante analizar cuidadosamente la información que se presenta en las distintas fuentes de información oficiales y de la propia industria automotriz, sobre la adopción y aplicación de las distintas tecnologías digitales de las actividades de la Industria 4.0, con la finalidad de corroborar la información que proporcionaron directamente los directivos en la encuesta aplicada. En este sentido, en los diversos gráficos que se presentarán a continuación se expondrá el nivel de adopción y aplicación de las tecnologías digitales de la Industria 4.0 en las compañías automotrices de México, analizando la información de manera general y no particularizando en ninguna empresa en especial.

Gráfico 27. Capacidad de planta utilizada en la producción de vehículos 2018-2021

Fuente: AMIA (2022).

El Gráfico 27 muestra una reducción en la capacidad de planta utilizada en la fabricación de vehículos en México en los últimos cuatro años, y se observa la existencia de una caída en la utilización de la capacidad de planta al pasar del 89% en el año 2018 al 67% en el año 2020, la cual se puede explicar como una consecuencia que dejó la crisis del COVID-19 tanto en la economía de México como en la mundial, pero en el año 2021 se aprecia un incremento sustancial en el uso de la capacidad de producción de la planta al pasar al 70%. Por lo tanto, de acuerdo con la información obtenida es factible establecer que las compañías automotrices de México están recuperando su nivel de producción después de restricción económica y financiera mundial que dejó el COVID-19.

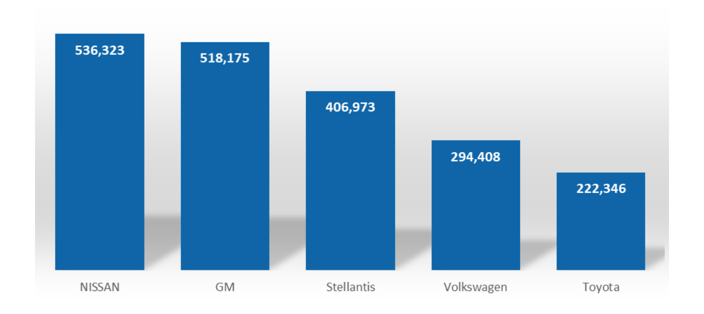
Gráfico 28. Producción por segmento de vehículos ligeros 2021-2022

48.0% 30.4% 14.5% 5.0% 2.1% 0.0%
2,791,805
1,769,211
843,173
292,897
1,230
SUV´s Pick Ups Compactos Subcompactos De Lujo Minivans

Fuente: AMIA (2022).

El Gráfico 28 muestra la producción por segmento de vehículos ligeros, y se observa que la producción prácticamente se concentra en las SUV con cerca de 2.8 millones de unidades durante el período 2021-2022, seguida de la producción de camionetas *pick-ups* con un volumen de producción de un poco más de 1.76 millones de unidades y, en tercer lugar, los autos compactos con un nivel de producción de un poco más de 843 mil unidades. Por ello, tomando en cuenta la información presentada en líneas anteriores se puede establecer que la producción de automóviles ligeros por parte de las organizaciones empresariales de la industria automotriz de México se concentra en las SUV, las *pick-ups* y los autos compactos con un poco más del 90% de la producción total.

Gráfico 29. Producción de vehículos ligeros por marca 2021



Fuente: AMIA (2022).

En el Gráfico 29 se observa la producción de vehículos ligeros en México por marca durante al año 2021, y se muestra que Nissan es la marca que más vehículos ligeros produjo con un volumen de producción de 536,323 vehículos, seguida de General Motors con un volumen de producción de 518,175 vehículos, en tercer lugar se encuentra la marca Stellantis (Dodge, Chrysler, Jeep, RAM, Peugeot, etc.) con un volumen de producción de 406,973 vehículos, le sigue Volkswagen con una producción de 294,408 vehículos y, por último, Toyota con una producción de 222,346 vehículos. Por lo tanto, considerando la información presentada con anterioridad es factible establecer que solamente tres marcas de automóviles generaron un volumen de producción de cerca de 1.5 millones de vehículos durante el año 2021.

Gráfico 30. Producción de vehículos ligeros y pesados por año 2018-2021

Fuente: AMIA (2022).

El Gráfico 30 muestra la producción de vehículos ligeros y pesados por las compañías automotrices de México durante el período 2018-2021, y se observa que en los tres primeros años la producción de vehículos ligeros alcanzó un poco más del 95% y de alrededor del 5% la producción de vehículos pesados, pero durante el año 2020 se redujo ligeramente la producción de vehículos ligeros al 94.7%, y se incrementó ligeramente la producción de vehículos pesados a un 5.3%. Por lo tanto, tomando en consideración la información que se presentó en líneas anteriores, es factible establecer que la producción de automóviles en las empresas manufactureras de México se centra primordialmente en los vehículos ligeros, sin embargo, se tiene una estimación que en los próximos años se genere un aumento ligero en la producción de vehículos pesados.

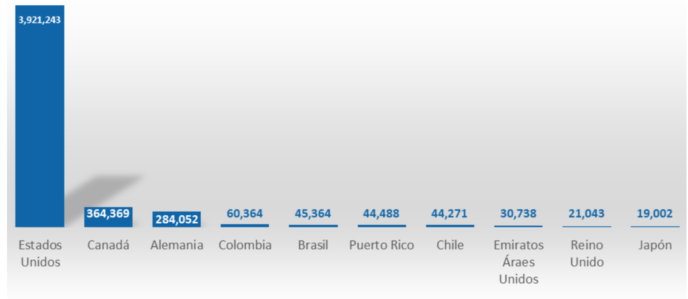
Gráfico 31. Exportación por segmento de vehículos ligeros 2019-2021

46.2% 26.3% 19.5% 5.3% 2.6%
8'777,091 Unidades exportadas
4'057,912 SUV´s
2'311,666 Pick Ups
1'707,483 Compactos
468,646 Subcompactos
231,384 De Lujo

Fuente: AMIA (2022).

El Gráfico 31 indica la exportación de vehículos ligeros por segmento durante el período 2019-2021, y se observa que las SUV representan la mayor cantidad de exportación con un poco más de 4 millones de vehículos que constituyen un poco más del 46%, mientras que la exportación de camionetas *pick-ups* fue de un poco más de 2.3 millones de vehículos que representaron el 26.3% del volumen total de exportación, seguidos de los coches compactos con un poco más de 1.7 millones de vehículos que equivale al 19.5% del total. Por lo tanto, de acuerdo con la información obtenida es posible suponer que las tres principales líneas de vehículos ligeros de exportación representaron el 82% del volumen total de exportación.

Gráfico 32. Top 10 de países de destino de las exportaciones de vehículos 2021-2022



Fuente: AMIA (2022).

El Gráfico 32 muestra los diez países a los cuales se envían principalmente las exportaciones de vehículos de la industria automotriz de México durante el período 2021-2022, y se aprecia que Estados Unidos representa el principal socio comercial con un volumen de exportación de un poco más de 3.9 millones de vehículos, seguido del mercado de Canadá con un volumen de exportación de un poco más de 364 mil vehículos y, en tercer lugar se encuentra el mercado de Alemania con una cantidad de exportación de un poco más de 284 mil vehículos. Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible inferir que estos tres países representan un poco más del 90% del volumen total de las exportaciones que realizan las compañías automotrices establecidas en México.

Gráfico 33. Exportación mundial de vehículos ligeros 2021

Fuente: AMIA (2022).

En el Gráfico 33 se puede observar la exportación mundial de vehículos ligeros en el año 2021, y muestra que Alemania es el país que más vehículos exportó con un volumen total de un poco más de 139 mil vehículos, seguido de Japón que exportó un volumen total de un poco más de 85 mil vehículos, en tercer lugar se encuentra Estados Unidos con un volumen de exportación de un poco más de 54 mil vehículos, seguido se Corea del Sur con un poco más de 44 mil vehículos de exportación y, en quinto lugar se encontró México con una cantidad de exportación de cerca de 40 mil vehículos. Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible deducir que fueron relativamente pocos los vehículos ligeros que se exportaron durante el año 2021, lo cual tiene cierta ló-

gica porque la industria automotriz, al igual que otras industrias, se encontraba en plena recesión industrial y económica generada por el COVID-19.

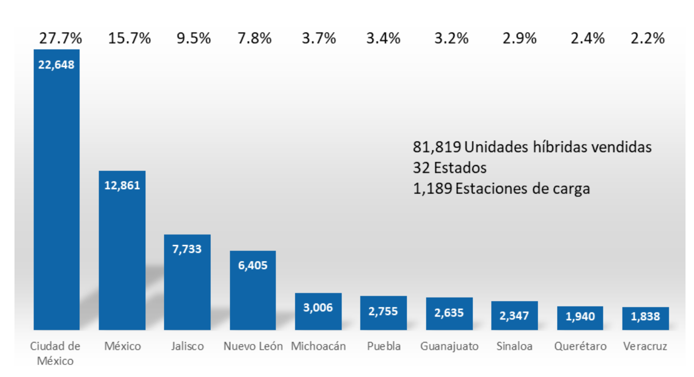
Gráfico 34. Vehículos ligeros vendidos en México 2021-2022

231,914
161,118
141,328
120,131
1,993
1,473
Compactos
Subcompactos
Pick Ups
SUV´s
De Lujo
Minivans

Fuente: AMIA (2022).

El Gráfico 34 indica los automóviles ligeros vendidos en México durante los dos años anteriores, y se observa que los vehículos compactos representan la mayor cantidad con unas ventas cercanas a las 232 mil unidades, mientras que los subcompactos supusieron ventas de un poco más de 161 mil unidades, las camionetas *pick-ups* constituyeron el tercer lugar al lograr ventas de más de 141 mil unidades, y las SUV se posicionaron en cuarto lugar al lograr ventas de un poco más de 120 mil unidades. Por ello, tomando en cuenta la información recabada se puede establecer que estos cuatro tipos de automóviles ligeros son los que representan el mayor volumen de ventas en el mercado de México.

Gráfico 35. Top 10 de estados con ventas de vehículos híbridos 2019-2021



Fuente: AMIA (2022).

El Gráfico 35 indica los diez estados de México con el mayor volumen de ventas de vehículos híbridos durante el período 2019-2021, y se observa que la Ciudad de México ocupa la primer posición con un total de 22,648 unidades vendidas representando el 27.7% del volumen total de las ventas nacionales, seguida del Estado de México con ventas de 12,861 vehículos constituyendo el 15.7% de las ventas totales, mientras que Jalisco representa el tercer lugar con ventas de 7,733 unidades que equivalen al 9.5% del total de las ventas y, en cuarto lugar se encuentra Nuevo León con un volumen total de 6,405 vehículos representando el 7.8% del total de las ventas. Por esta razón, de acuerdo con la información obtenida es posible suponer que son precisamente los cuatro estados más grandes en términos de población, en donde se concentra la mayoría de las ventas de vehículos híbridos en México.

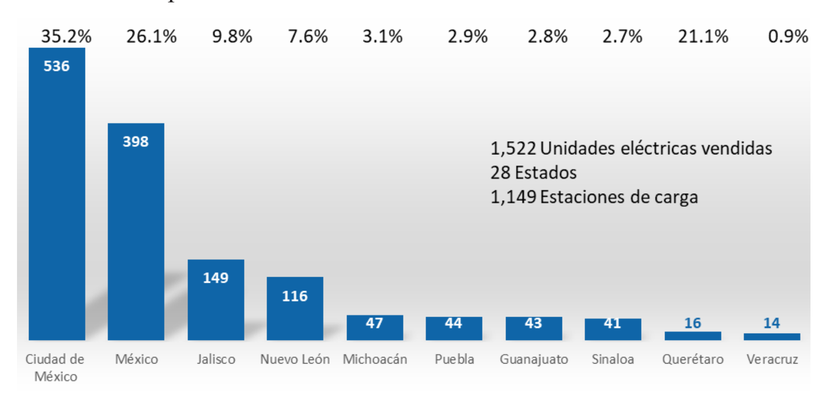
Gráfico 36. Top 10 de estados con venta de vehículos híbridos conectables 2019-2021

Fuente: AMIA (2022).

El Gráfico 36 muestra los diez principales estados de México con el mayor volumen de ventas de vehículos híbridos conectables durante el período 2019-2021, y se puede observar que la que realizó la mayor cantidad de compras fue la Ciudad de México con un total de de 2,551 unidades híbridas conectables, el cual representó el 43.5% de las ventas totales nacionales, seguido del Estado de México con ventas de 591 unidades que equivalen al 10.1% de las ventas totales, en tercer lugar se encuentra Jalisco con ventas de 541 unidades representando el 9.2% de las ventas totales y, en cuarto lugar se encuentra Nuevo

León con ventas de 493 unidades constituyendo el 8.4% del volumen total de ventas en México. Por lo tanto, de acuerdo con la información obtenida es posible inferir que los cuatro estados con mayor población en México son los cuatro estados donde se concentran las ventas de vehículos híbridos conectables durante los últimos dos años.

Gráfico 37. Top 10 de estados con venta de vehículos eléctricos 2019-2021



Fuente: AMIA (2022).

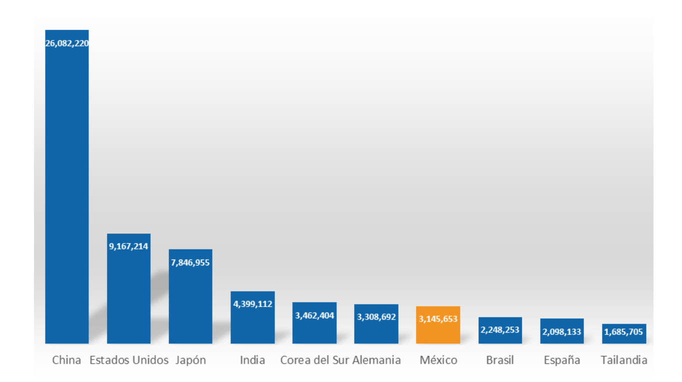
Con respecto a los diez estados de México con el mayor volumen de adquisición de automóviles eléctricos en el período 2019-2021, el Gráfico 37 indica que la Ciudad de México ocupa la primer posición con un total de 536 vehículos eléctricos vendidos, representando el 35.2% del volumen total de las ventas de México, seguida del Estado de México con unas ventas de 398 vehículos que equivalen al 26.1% del total de las ventas, en tercer lugar está Jalisco con ventas de 149 vehículos constituyendo el 9.8% de las ventas totales, y Nuevo León ocupa el cuarto lugar con un volumen de ventas de 116 vehículos representando el 7.6% de las ventas totales. Por lo tanto, de acuerdo con la información obtenida es posible deducir que los cuatro estados con mayor número de habitantes a nivel nacional, es en donde se concentran las ventas de vehículos eléctricos a nivel nacional.

Gráfico 38. Capacidad de producción de vehículos en México 2022

Fuente: AMIA (2022).

El Gráfico 38 muestra la capacidad de producción de vehículos de las organizaciones de la industria automotriz asentadas en México durante este año, y observa que la capacidad de producción que tienen actualmente las compañías de la industria automotriz es de un poco más de 5 millones de vehículos, mientras que la capacidad de producción de motores para los vehículos es de cerca de 5.7 millones de unidades, y la capacidad de producción de transmisiones de las compañías automotrices es de alrededor de 2.4 millones de vehículos. De modo que, de acuerdo con la información obtenida es posible concluir que la industria automotriz de México tiene una capacidad de producción actual de un poco más de 5 millones de vehículos, sin la necesidad de importar de otros países algunas autopartes.

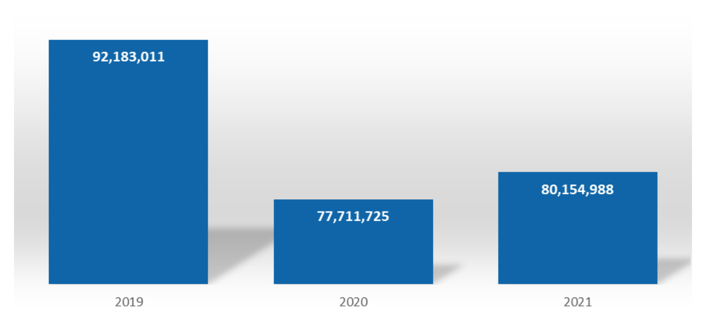
Gráfico 39. Producción mundial de vehículos 2021



Fuente: AMIA (2022).

El Gráfico 39 muestra que China es el país que tiene el mayor volumen de producción de vehículos con un poco más de 26 millones de unidades, seguido de Estados Unidos que tiene una capacidad de producción de un poco más de 9 millones de vehículos, en tercer lugar se encuentra Japón con una capacidad de producción de cerca de 8 millones de vehículos, en cuarto lugar está la India con una producción cercana a los 4.4 millones de vehículos, en quinto lugar se ubica Corea del Sur con una producción cercana a los 3.5 millones de vehículos, en sexto lugar está Alemania con un volumen de producción mundial de un poco más de 3.3 millones de vehículos y, en sexto lugar se encuentra México con un volumen de producción mundial de cerca de 3.2 millones de vehículos. Por lo tanto, de acuerdo con la información obtenida es posible suponer que la industria automotriz de México tiene muchas posibilidades de establecerse como el quinto país a nivel global en la capacidad de producción de vehículos.

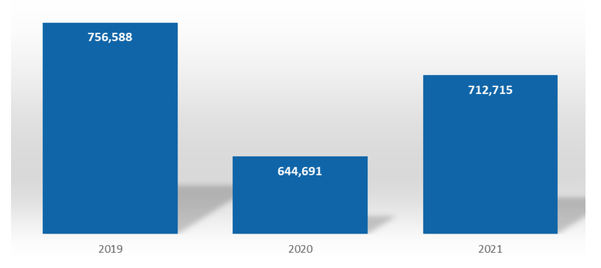
Gráfico 40. Producción de vehículos a nivel mundial 2019-2021



Fuente: AMIA (2022).

En el Gráfico 40 se puede observar que la producción mundial de automóviles en el período 2019-2021, registró una reducción importante al pasar de un nivel de producción de poco más de 92 millones de vehículos en 2019 a cerca de 78 millones de vehículos en el 2020, pero también se refleja en el mismo gráfico un ligero aumento en el nivel de producción de automóviles en 2021, al pasar de cerca de 78 millones de automóviles producidos en 2020 a un poco más de 80 millones de automóviles en el 2021. Por tal motivo, de acuerdo con la información obtenida es posible inferir que al parecer la industria automotriz a nivel global ya se está recuperando de la crisis económica que se generó con la aparición del COVID-19.

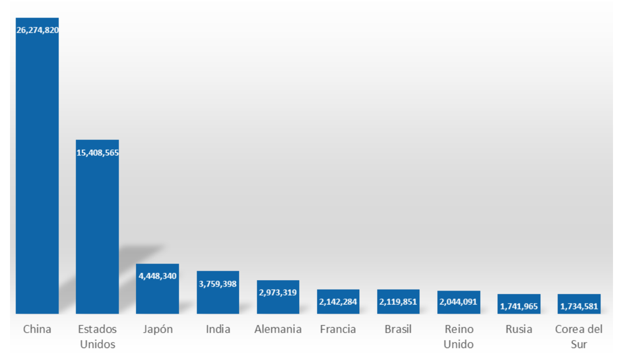
Gráfico 41. Exportación mundial de vehículos ligeros 2019-2021 (Millones de dólares)



Fuente: AMIA (2022).

En el Gráfico 41 se observa la exportación mundial de vehículos ligeros durante el período 2019-2021 en términos monetarios, y se indica, al igual que el gráfico anterior, el registro de una reducción en el monto de los ingresos económicos derivados de la exportación, al pasar de 756,588 millones de dólares registrados en 2019 a 644,691 millones de dólares en 2020, mientras que durante el año 2021 se registró un ligero aumento en el monto económico derivado de las exportaciones, al pasar de 644,691 millones de dólares obtenidos en 2020 a 712,715 millones de dólares en el 2021. Por lo tanto, de acuerdo con la información obtenida es posible deducir que la industria automotriz a nivel mundial al parecer está ya saliendo de la crisis económica que generó el COVID-19, aun cuando durante el 2021 no se han logrado los niveles de recursos económicos derivados de la exportación de vehículos ligeros a nivel global.

Gráfico 42. Ventas mundiales de vehículos ligeros 2021



Fuente: AMIA (2022).

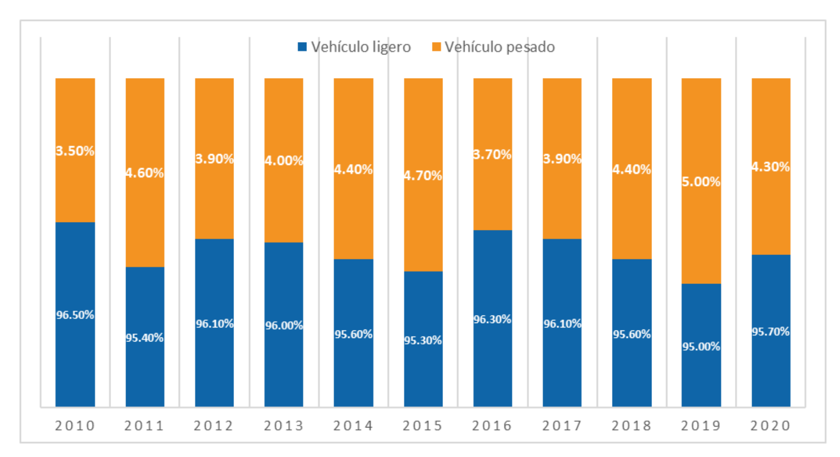
En el Gráfico 42 se muestra que China es el país que registró el mayor volumen de ventas con un poco más de 26 millones de vehículos ligeros, seguido de Estados Unidos que registró ventas de cerca de los 15.5 millones de vehículos ligeros, en tercer lugar se ubicó Japón con ventas de un poco más de 4.4 millones de vehículos, en cuarto lugar está la India con ventas de cerca de 3.8 millones de vehículos y, en quinto lugar se encuentra Alemania con ventas de cerca de 3 millones de vehículos ligeros. Por tal razón, de acuerdo con la información obtenida es posible concluir la existencia de una recuperación económica de la industria automotriz a nivel mundial y, se tienen buenas expectativas de un incremento significativo en el volumen total de ventas de vehículos ligeros en el mercado global durante los próximos años.

Gráfico 43. Panorama mundial en la producción de vehículos 2010-2020

Fuente: AMIA (2022).

En el Gráfico 43 se puede observar el panorama mundial de la producción de vehículos en el período 2010-2020, al parecer existe una tendencia de un pequeño crecimiento en la producción de automóviles del 2010 al 2018, pero a partir del año 2019 se observa un decremento en el nivel de la producción de vehículos a nivel mundial, derivado de la crisis económica generada por el COVID-19. De tal forma que, de acuerdo con la información obtenida es posible suponer que los dos últimos años de la segunda década del actual milenio se registró una contracción en el nivel de producción de vehículos en la industria automotriz.

Gráfico 44. Producción mundial de vehículos ligeros y pesados 2010-2020



Fuente: AMIA (2022).

Considerando la producción de vehículos ligeros y pesados durante el período 2010-2020, el Gráfico 44 muestra ligeras variaciones en la producción de ambos tipos de vehículos, pero en los tres últimos años de la segunda década del actual milenio se caracteriza por cierta estabilidad en la producción tanto de vehículos ligeros como pesados, ya que los porcentajes son muy similares. Por lo tanto, de acuerdo con la información obtenida es posible inferir que la producción de vehículos ligeros y pesados a nivel mundial ha sufrido una variación pequeña durante la última década del actual milenio.

En términos generales se puede concluir, en primera instancia, que la información presentada con anterioridad en los gráficos permite establecer que la mayoría de esos datos provienen de la aplicación de las tecnologías digitales de la Industria 4.0, ya que la mayoría de la maquinaria y equipo utilizada para la producción de los vehículos y las autopartes de estos son robots, los cuales evidentemente trabajan con tecnología digital y la producción está prácticamente automatizada. Además, los principales países productores de vehículos a nivel mundial, entre ellos México, también son los principales impulsores de la adopción de las actividades de la Industria 4.0 en la totalidad de las empresas de la industria automotriz, así como de la industria manufacturera en general, por lo cual es factible establecer que las compañías automotrices de México, sí están implementando las actividades de la Industria 4.0 así como las tecnologías digitales de la mismo, en mayor o menor media unas de otras.

Por otro lado, el desarrollo de los nuevos vehículos totalmente autónomos y con un nuevo sistema de seguridad, así como de los vehículos eléctricos los

cuales tienen baterías con una mayor capacidad de recorrido, utilizan sin lugar a dudas las tecnologías digitales que integran la Industria 4.0, ya que los nuevos sistemas de movilidad del transporte a nivel mundial, principalmente en los países más desarrollados, utilizan grandes volúmenes de datos que tienen que ser analizados en el menor tiempo posible, para que en tiempo real se esté brindando la información sobre la movilidad a los vehículos y personas y puedan tomar decisiones. Por tal motivo, es posible concluir, en términos generales, que son cada vez más las organizaciones de la industria automotriz, las que están aplicando al interior y exterior de las compañías las tecnologías digitales como parte de la Industria 4.0 en las diversas actividades a lo largo y ancho de la cadena de suministro.

Adicionalmente, las compañías que pertenecen a la industria automotriz de México que han adoptado e implementado las tecnologías digitales que integran la Industria 4.0, no solamente han reducido los costos e incrementado su nivel de productividad, sino también han reducido sustancialmente los niveles de los residuos industriales y la emisión de gases contaminantes al medioambiente, ya que la integración de la Industria 4.0 en las distintas actividades de producción y comercialización de los vehículos, así como en todas las actividades de la cadena de proveeduría reduce los tiempos de producción y distribución de los vehículos a los centros de venta directa, lo cual permite incrementar significativamente los niveles de rentabilidad económica y financiera de la totalidad de las empresas que participan en la cadena de proveeduría.

Implementación de la Industria 4.0

en la Industria Aeronáutica de México

La Industria 4.0, comúnmente conocida en la literatura como la Cuarta Revolución Industrial, se integra de diversas tecnologías digitales que ayudan a mejorar significativamente la digitalización de los procesos industriales de las empresas manufactureras (Ghobakhloo, 2018). Por ello, la comunidad científica, académica y empresarial concuerdan en que la mayor ventaja que genera la aplicación tecnologías digitales en las organizaciones de la industria aeronáutica, al igual que en cualquier otro tipo de industria, es el incremento del nivel de la productividad, el ahorro de recursos, la mejora de los procesos de producción, modelos de negocio más rentables, incremento de la calidad de los productos y una mejora sustancial en la calidad de vida y condiciones laborales de los trabajadores

y empleados de las organizaciones (Müller *et al.*, 2018b; Staufen, 2018; Nosalska *et al.*, 2019).

Además, la aplicación de las tecnologías digitales de la Industria 4.0 en las organizaciones, mejoran en un elevado porcentaje tanto la calidad de los productos como la eficiencia de la maquinaria y equipo, reduce los costos de producción y aprovecha al máximo los recursos disponibles en la organización (Cater *et al.*, 2021), ya que las tecnologías digitales generan en las empresas manufactureras de la industria aeronáutica una visión general en tiempo real de los procesos comerciales, los cuales le ayudarán a las organizaciones a responder lo más rápidamente posible a los cambios en la demanda del mercado, así como a la generación de máquinas y productos inteligentes que recopilan diversos datos que ayudan a las empresas manufactureras de la industria aeronáutica a desarrollar nuevos productos y servicios, así como a la optimización de los procesos de producción (Cater *et al.*, 2021).

A pesar de las distintas ventajas que genera la aplicación de las tecnologías digitales en las compañías de la industria aeronáutica, la comunidad científica, académica y empresarial aún no tienen claridad cuál es el impacto real que genera la adopción de las actividades de la Industria 4.0 en las organizaciones (Hermann *et al.*, 2019), ya que en la actualidad existen diversos cambios en la economía y el medioambiente de los negocios a nivel mundial que están afectando seriamente a las organizaciones, entre los que destacan la seguridad efectiva de las tecnologías de la información, la protección de la información de los usuarios, la organización del trabajo, la falta de habilidades, el entrenamiento de los trabajadores en las nuevas tecnologías digitales y el desarrollo en la uniformidad de los estándares requeridos en la digitalización de la economía mundial (Stanton Chase, 2017).

Asimismo, la aplicación de las tecnologías digitales en las compañías aeronáuticas de México, al igual que en el resto de las industrias a nivel global, no solamente genera ventajas, sino también serios desafíos y diversas preguntas, de las cuales una de las más importantes es *¿cuáles de las tecnologías digitales son las que se deberán utilizar en las organizaciones industriales?* (Johansson *et al.*, 2019; Zheng *et al.*, 2019; Szalavetz, 2019). Esta pregunta no es nada fácil de contestar, ya que mientras la integración y uso de tecnologías digitales en la etapa inicial de las organizaciones, puede brindar a las pequeñas empresas la oportunidad de competir con las medianas y grandes empresas, la adopción de tecnología digital que no se adapte bien a las necesidades reales de las pequeñas empresas, es probable que deje a las pequeñas empresas en una clara desventaja competitiva con respecto a las medianas y grandes empresas (Tellis, 2006).

Igualmente, dada la relación riesgo/recompensa inherente en la adopción de las tecnologías digitales, es evidente que las compañías manufactureras de

la industria aeronáutica tienen que comprender correctamente el uso de las tecnologías digitales para lograr su mayor nivel de eficiencia (Obal, 2017). Por ello, en la literatura se han publicado estudios que han aportado evidencia teórica y empírica, que permiten un mejor entendimiento de las tecnologías digitales, orientándose estos estudios principalmente en investigar: (1) qué fue lo que motivó a las empresas manufactureras a la aplicación de las tecnologías digitales de la Industria 4.0 y; (2) que fue lo que posibilitó/dificultó la adopción e implementación de las tecnologías digitales que están utilizando actualmente en la empresa industrial (Cater *et al.*, 2021).

Adicionalmente, en la actual literatura se han publicado algunos estudios que se han centrado en la conceptualización y prueba de diversos modelos de investigación, que han distinguido con claridad entre los motivos y las dificultades en el uso y aplicación de las tecnologías de la Industria 4.0 (Cater *et al.*, 2021). Mientras que los motivos internos y externos a las empresas manufactureras de la industria aeronáutica, les ayudan a entender por qué deberían adoptar y utilizar tecnologías digitales, el financiamiento requerido y la escasa información sobre los beneficios y utilización de las tecnologías digitales son algunos de los principales factores que no motivan la adopción y aplicación de las tecnologías digitales en un número importante de las organizaciones que pertenecen a la industria aeronáutica de México y del resto de países del mundo (Cater *et al.*, 2021).

Sin embargo, aun cuando la literatura de las ciencias empresariales ya ha abordado el tema de los principales factores que afectan la adopción y uso de las tecnologías digitales de la Industria 4.0 en distintas empresas manufactureras (Neto *et al.*, 2017), estos importantes factores no han sido conceptualizados y analizados más profundamente en las empresas de la industria aeronáutica, así como los resultados derivados de su implementación. Por ello, en la literatura se ha invitado a la comunidad científica, académica y empresarial a orientar sus investigaciones en aportar evidencia empírica de las distintas ventajas que genera la utilización y aplicación de las tecnologías digitales en las empresas aeronáuticas, lo cual permita a los directivos de las organizaciones una mejor comprensión de las bondades que tiene la utilización de este tipo de tecnología (Cater *et al.*, 2021).

Bajo este contexto, investigadores, académicos y profesionales de la industria han aportado evidencia empírica robusta que demuestra que la Industria 4.0 se orienta, primordialmente, en el uso de tecnología digital basada en el aporte de soluciones que cambia totalmente la forma en cómo las organizaciones, en especial las que pertenecen a la industria aeronáutica, crean valor para los consumidores (Oesterreich & Teuteberg, 2016), y comúnmente generan una interconexión entre el mundo físico y virtual (Veile *et al.*, 2020). Así, mientras que el énfasis en la utilización de las tecnologías digitales caracteriza a la In-

dustria 4.0 (Cimini *et al.*, 2021), su carácter de interconectividad sugiere que el potencial que tiene la Industria 4.0 solamente se podrá aprovechar a través de la cadena de valor de múltiples organizaciones y no de manera independiente por parte de las compañías aeronáuticas (Müller *et al.*, 2018a; Veile *et al.*, 2019).

En este sentido, Büchi *et al.* (2020) sugirieron que el factor principal que deberían considerar las empresas manufactureras al momento del uso y aplicación de la Industria 4.0, es una mente abierta al uso de nuevas tecnologías en la organizaciones, la cual debería ser medida en términos de su *amplitud* (número de tecnologías digitales necesarias para la organización), y de su *profundidad* (número de las etapas de la cadena de valor en las cuales las tecnologías digitales tienen que ser implementadas). Comparada con las tecnologías digitales tradicionales que prevalecen en un elevado porcentaje de empresas manufactureras (intercambio electrónico de datos, *softwares* administrativos, etc.), las tecnologías digitales de la Industria 4.0 son mucho más complejas, intensivas en conocimiento y fuertemente integradas en los procesos productivos de las empresas (Kamble *et al.*, 2018).

Por ello, las ventajas más comunes de las tecnologías digitales de la Industria 4.0 son el uso de redes inalámbricas, el apoyo en la toma de decisiones y la interconectividad entre diversas tecnologías (Dos Santos *et al.*, 2021), ya que las tecnología digitales más comunes que integran la Industria 4.0 son la manufactura aditiva, inteligencia artificial, realidad aumentada o virtual, automatización industrial, análisis de *big data*, almacenamiento en la nube (*cloud computing*), sistemas ciberfísicos, ciberseguridad, planeación de los recursos empresariales, internet de las cosas (*Internet of things*), internet industrial e inteligencia robótica (Ghobakhloo & Ching, 2019; Bosman *et al.*, 2020; Büchi *et al.*, 2020; Dos Santos *et al.*, 2021), de las cuales estudios previamente publicados en la literatura indican que la mayoría de ellas son utilizadas en las compañías aeronáuticas.

Finalmente, en la literatura se ha establecido que no existe diferencia alguna entre los niveles de las tecnologías digitales de la Industria 4.0, pero en un estudio reciente Ghobakhloo y Ching (2019) propusieron una distinción entre las tecnologías digitales de segundo nivel (sistemas ciberfísicos, internet de las cosas), y las tecnologías digitales de primer nivel (todas las demás), a pesar de que las tecnologías de primer nivel necesitan interactuar con las tecnologías de segundo nivel para lograr el máximo funcionamiento y eficiencia, estas pueden funcionar y operar separadamente sin problema alguno. En contraste, las tecnologías de segundo nivel no se pueden utilizar de manera independiente porque su uso requiere la implementación de distintas combinaciones de tecnologías de primer nivel para que funcionen adecuadamente (Ghobakhloo & Ching, 2019).

En un estudio similar, Frank *et al.* (2019) propusieron la división de las tecnologías digitales de la Industria 4.0 en dos grupos distintos, de acuerdo con su objetivo principal: las *tecnologías de aplicación inicial* (manufactura inteligente, productos inteligentes, cadena de suministro inteligente, trabajo inteligente), las cuales se pueden aplicar a las necesidades operativas y de mercado; y las *tecnologías de aplicación final* (Internet de las cosas, almacenamiento en la nube, análisis de *big data*), cuyo propósito es mejorar la cadena de valor de las empresas. Bajo este escenario, las tecnologías de aplicación final proporcionan conectividad e inteligencia a las tecnologías de aplicación inicial, ayudando a las empresas manufactureras de la industria aeronáutica a lograr la máxima funcionalidad y operatividad (Cater *et al.*, 2021).

En las siguientes tablas y gráficos se analizará la información obtenida de las organizaciones que pertenecen a la industria aeronáutica de México, con respecto a la adopción y aplicación de la Industria 4.0, y se comparará con la información que se tiene registrada en las páginas web de las asociaciones industriales, así como en los estudios realizados al respecto por parte de las dependencias gubernamentales y de las propias cámaras empresariales de la industria aeronáutica.

Tabla 48. Situación media de la empresa con respecto a la adopción de la Industria 4.0

Variables	*Medias*
La alta dirección revisa el progreso del proyecto I4.0 de forma regular	4.09
Los gerentes de proyectos experimentados y capaces están a cargo del equipo del proyecto I4.0	4.08
Se aplican las herramientas y técnicas de gestión de proyectos adecuadas al adoptar el proyecto I4.0	4.06
El programa de implementación de I4.0 es lógico y realista	4.06
Se invierte tiempo y recursos en capacitar a la mano de obra para utilizar las técnicas I4.0	4.03
Se brinda capacitación a los empleados sobre tecnología y procesos I4.0	4.00
La alta dirección muestra mucho interés en el proyecto I4.0	3.94
Los usuarios internos reciben la formación adecuada en el trabajo para aplicar los sistemas I4.0	3.91
El apoyo de la alta dirección en el proyecto I4.0 es alto	3.83

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

En la Tabla 48 se establece que las tres variables más importantes de la adopción de la Industria 4.0 en las compañías industriales de la aeronáutica en México son *la alta dirección revisa el progreso del proyecto I4.0 de forma regular*, con valor medio de 4.09 (de acuerdo) medidas mediante una escala donde 1 = total desacuerdo a 5 = total acuerdo, continua la variable *los gerentes de proyectos experimentados y capaces están a cargo del equipo del proyecto I4.0*, con una media de 4.08 (de acuerdo), y de la variable *se aplican las herramientas y técnicas de gestión de proyectos adecuadas al adoptar el proyecto*

I4.0, con una media de 4.06 (de acuerdo). En este sentido, considerando la información anteriormente presentada es posible establecer que las primeras tres variables son las más importantes para la adopción de la Industria 4.0 en las organizaciones de la aeronáutica.

Tabla 49. Situación media de la empresa con respecto a la adopción de la Industria 4.0 según el tamaño de la empresa

Variables	*Pequeñas Empresas*	*Medianas Empresas*	*Grandes Empresas*	*Sig.*
El apoyo de la alta dirección en el proyecto I4.0 es alto	3.20	3.87	3.90	
La alta dirección muestra mucho interés en el proyecto I4.0	3.20	3.95	4.10	*
La alta dirección revisa el progreso del proyecto I4.0 de forma regular	3.20	4.18	4.15	*
Se invierte tiempo y recursos en capacitar a la mano de obra para utilizar las técnicas I4.0	3.20	4.08	4.15	
Los usuarios internos reciben la formación adecuada en el trabajo para aplicar los sistemas I4.0	3.40	3.90	4.05	
Se brinda capacitación a los empleados sobre tecnología y procesos I4.0	3.40	4.00	4.15	
Se aplican las herramientas y técnicas de gestión de proyectos adecuadas al adoptar el proyecto I4.0	3.40	4.13	4.10	
Los gerentes de proyectos experimentados y capaces están a cargo del equipo del proyecto I4.0	3.40	4.13	4.15	
El programa de implementación de I4.0 es lógico y realista	3.20	4.13	4.15	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

La Tabla 49 indica que la *la alta dirección revisa el progreso del proyecto I4.0 de forma regular*, es la variable más importante de la adopción de la Industria 4.0 según el tamaño de la empresa, y es considerada como la más importante para las medianas empresas que para las grandes y pequeñas empresas, con una media de 4.18, 41.5 y 3.20 respectivamente, seguida de la variable *la alta dirección muestra mucho interés en el proyecto I4.0*, siendo más importante para las grandes empresas que para las medianas y pequeñas empresas, con una media de 4.10, 3.95 y 3.20 respectivamente. Por esta razón, tomando en cuenta la información presentada en líneas anteriores es factible establecer que

la adopción de las actividades de la Industria 4.0 en las compañías aeronáuticas descansa en estas dos variables.

Tabla 50. Situación media de la empresa con respecto a la adopción de la Industria 4.0 según la antigüedad de las empresas

Variables	*Empresas Jóvenes*	*Empresas Maduras*	*Sig.*
El apoyo de la alta dirección en el proyecto I4.0 es alto	4.42	3.69	
La alta dirección muestra mucho interés en el proyecto I4.0	4.42	3.83	*
La alta dirección revisa el progreso del proyecto I4.0 de forma regular	4.50	4.00	*
Se invierte tiempo y recursos en capacitar a la mano de obra para utilizar las técnicas I4.0	4.33	3.96	
Los usuarios internos reciben la formación adecuada en el trabajo para aplicar los sistemas I4.0	4.42	3.79	*
Se brinda capacitación a los empleados sobre tecnología y procesos I4.0	4.33	3.92	
Se aplican las herramientas y técnicas de gestión de proyectos adecuadas al adoptar el proyecto I4.0	4.17	4.04	
Los gerentes de proyectos experimentados y capaces están a cargo del equipo del proyecto I4.0	4.42	4.00	
El programa de implementación de I4.0 es lógico y realista	4.42	3.98	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

En la Tabla 50 se puede observar que la variable con mayor importancia es *la alta dirección muestra mucho interés en el proyecto I4.0*, y tiene más importancia en las compañías jóvenes, con un valor medio de 4.42, que en las compañías maduras con un valor medio de 4.00, seguida de *los usuarios internos reciben la formación adecuada en el trabajo para aplicar los sistemas I4.0*, teniendo también un mayor grado de importancia para las compañías jóvenes, con un valor medio de 4.42, que para las compañías maduras, con un valor medio de 3.83, en tercer lugar está la variable *los usuarios internos reciben la formación adecuada en el trabajo para aplicar los sistemas I4.0*, teniendo también un nivel mayor de importancia para las compañías jóvenes, con un valor medio de 4.42, que para las compañías maduras, con un valor medio de 3.79. En este sentido, de acuerdo con la información obtenida es posible suponer que la antigüedad de las empresas sí es una variable que diferencie la adopción de la Industria 4.0.

Tabla 51. Situación media de la empresa con respecto al uso de tecnología digital de la I4.0

Variables	*Medias*
Impresión 3D	4.31
Herramientas de simulación	4.27
Manufactura aditiva	4.23
Cloud computing (almacenamiento en la nube)	4.19
Ciberseguridad	4.08
Análisis de *big data*	4.06
Soluciones avanzadas de manufactura	4.06
Realidad aumentada	4.03

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

La Tabla 51 indica la situación media de la empresa con respecto al uso de la tecnología digital de la Industria 4.0, y se observa que la variable que es considerada por los gerentes de las compañías como la más importante es la *Impresión 3D*, con una media de 4.31 (casi totalmente de acuerdo) en una escala de 1= total desacuerdo a 5 = total acuerdo, seguida de la variable *Herramientas de simulación* con una media de 4.27 y de la variable *Manufactura aditiva* con una media de 4.23. En consecuencia, de acuerdo con la información obtenida es posible inferir que la adopción de la Industria 4.0 descansa prácticamente en el uso de estas tres tecnologías digitales.

Tabla 52. Situación media de la empresa con respecto al uso de tecnología digital de la I4.0 según el tamaño de la empresa

Variables	*Pequeñas Empresas*	*Medianas Empresas*	*Grandes Empresas*	*Sig.*
Cloud computing (almacenamiento en la nube)	3.60	4.28	4.15	
Ciberseguridad	3.40	4.15	4.10	
Análisis de *big data*	3.60	4.13	4.05	
Soluciones de manufactura avanzada	3.60	4.10	4.10	
Realidad aumentada	3.20	4.21	3.90	*
Manufactura aditiva	3.60	4.38	4.10	*
Herramientas de simulación	3.40	4.44	4.15	**
Impresión 3D	3.40	4.51	4.15	***

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

La Tabla 52 indica que la tecnología digital *Impresión 3D* es considerada como la de mayor importancia y, precisamente es más importante para las medianas compañías que para las grandes y pequeñas compañías, con una media de 4.51, 4.15 y 3.40 respectivamente, seguida de la tecnología *Herramientas de simulación*, la cual también es considerada como la de mayor grado de importancia para las medianas compañías que para las grandes y pequeñas compañías, con una media de 4.44, 4.15 y 3.40 respectivamente, y de la tecnología *Manufactura aditiva* considerándose de mayor importancia para las medianas compañías que para las grandes y pequeñas compañías, con una media de 4.38, 4.10 y 3.60 respectivamente. Por lo tanto, tomando en cuenta la información presentada en líneas anteriores se puede deducir que el tamaño de las organizaciones sí determina el uso de las tecnologías digitales.

Tabla 53. Situación media de la empresa con respecto al uso de tecnología digital de la I4.0 según la antigüedad de las empresas

Variables	*Empresas Jóvenes*	*Empresas Maduras*	*Sig.*
Cloud computing (almacenamiento en la nube)	4.33	4.15	
Ciberseguridad	4.17	4.06	
Análisis de *big data*	4.17	4.04	
Soluciones de manufactura avanzada	4.17	4.04	
Realidad aumentada	4.17	4.00	
Manufactura aditiva	4.25	4.23	
Herramientas de simulación	4.25	4.27	
Impresión 3D	4.25	4.33	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

La Tabla 53 establece que las ocho variables tienen el mismo grado de importancia respecto a la antigüedad de las empresas, es decir, el tiempo que tengan las empresas realizando sus actividades empresariales no es una variable diferenciadora en el uso de tecnología digital de la Industria 4.0. Por lo cual, de acuerdo con la información obtenida es factible establecer que independientemente de la antigüedad que tengan las compañías aeronáuticas realizando sus actividades industriales, el uso de tecnología digital es el mismo sean estas empresas jóvenes o maduras.

Tabla 54. Situación media de la empresa con respecto al volumen de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*.

Variables	*Medias*
El *big data* utilizado por mi empresa está creciendo rápidamente en relación con hace dos años	4.17
La gran cantidad de datos que utiliza mi empresa es tan grande que se está volviendo difícil de manejar	4.03

Diferencias estadísticamente significativas: (*): p < 0.1; (**): p < 0.05; (***): p < 0.01.

La Tabla 54 indica que el *big data utilizado por mi empresa está creciendo rápidamente en relación con hace dos años*, se considera como la variable más importante con un valor medio de 4.17 medida a través de una escala donde 1= total desacuerdo a 5= total acuerdo, mientras que la variable *la gran cantidad de datos que utiliza mi empresa es tan grande que se está volviendo difícil de manejar*, es considerada como la segunda variable de mayor grade de importancia con un valor medio de 4.03. En este sentido, considerando la información presentada con anterioridad se puede establecer que las organizaciones industriales de la aeronáutica de México consideran que tienen un volumen de datos de la tecnología digital de análisis de *big data* que está creciendo exponencialmente en los dos últimos años en las compañías industriales.

Tabla 55. Situación media de la empresa con respecto al volumen de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según el tamaño de la empresa

Variables	*Pequeñas Empresas*	*Medianas Empresas*	*Grandes Empresas*	*Sig.*
El *big data* utilizado por mi empresa está creciendo rápidamente en relación con hace dos años	3.80	4.23	4.15	
La gran cantidad de datos que utiliza mi empresa es tan grande que se está volviendo difícil de manejar	3.40	4.10	4.05	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): p < 0.1; (**): p < 0.05; (***): p < 0.01.

En la Tabla 55 se observa que las dos variables que integran el volumen de datos de análisis de *big data* tienen son consideradas por los gerentes de las compañías como igual de importantes, sin importar el tamaño que tengan las organizaciones. En este sentido, de acuerdo con la información obtenida se puede inferir que el tamaño que tengan las compañías industriales de la

aeronáutica no puede ser considerado como un factor que diferencie el uso del volumen de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*.

Tabla 56. Situación media de la empresa con respecto al volumen de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según la antigüedad de las empresas

Variables	*Empresas Jóvenes*	*Empresas Maduras*	*Sig.*
El *big data* utilizado por mi empresa está creciendo rápidamente en relación con hace dos años	4.50	4.10	*
La gran cantidad de datos que utiliza mi empresa es tan grande que se está volviendo difícil de manejar	4.42	3.94	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): p < 0.1; (**): p < 0.05; (***): p < 0.01.

En la Tabla 56 se establece que la variable con mayor importancia es *el big data utilizado por mi empresa está creciendo rápidamente en relación con hace dos años*, y es considerada como la de mayor importancia para las compañías jóvenes en comparación con las compañías maduras, con una media de 4.50 y 4.10 respectivamente. Por lo cual, de acuerdo con la información obtenida es posible deducir que el crecimiento en el volumen de datos de análisis de *big data*, es mayor en las compañías jóvenes que en las compañías maduras que pertenecen a la industria aeronáutica de México.

Tabla 57. Situación media de la empresa con respecto a la variedad de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*

Variables	*Medias*
El *big data* utilizado por mi empresa está bien estructurado, es decir, está bien definido o presentado en tablas	3.92
Los macrodatos que utiliza mi empresa proceden de diversas fuentes	3.75

Diferencias estadísticamente significativas: (*): p < 0.1; (**): p < 0.05; (***): p < 0.01.

En a Tabla 57 se observa que la variable de mayor grado de importancia de las empresas con respecto a la variedad de datos de análisis de *big data* es *el big data utilizado por mi empresa está bien estructurado, es decir, está bien definido o presentado en tablas,* con una media de 3.92 (casi de acuerdo) en una escala de 1= total desacuerdo a 5= total acuerdo, seguida de la variable *los macrodatos que utiliza mi empresa proceden de diversas fuentes*, con una media de 3.75. Por ello, tomando en cuenta la información presentada en líneas

anteriores es factible establecer que las organizaciones industriales aeronáuticas tienen una variedad de datos que son analizados por el análisis de *big data*.

Tabla 58. Situación media de la empresa con respecto a la variedad de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según tamaño de la empresa

Variables	*Pequeñas Empresas*	*Medianas Empresas*	*Grandes Empresas*	*Sig.*
Los macrodatos que utiliza mi empresa proceden de diversas fuentes	3.00	3.87	3.70	
El *big data* utilizado por mi empresa está bien estructurado, es decir, está bien definido o presentado en tablas	3.20	4.05	3.85	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

La Tabla 58 indica que el tamaño que tienen las compañías no es considerado como un factor que diferencie la variedad de datos que utilizan las empresas de la industria aeronáutica, es decir, independientemente del tamaño que posean las empresas el volumen de datos que utilizan es similar. De modo que, de acuerdo con la información obtenida es posible suponer que la variedad de datos de la tecnología digital de análisis de *big data* no depende del tamaño que tengan las organizaciones de la industria aeronáutica.

Tabla 59. Situación media de la empresa con respecto a la variedad de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según la antigüedad de las empresas

Variables	*Empresas Jóvenes*	*Empresas Maduras*	*Sig.*
Los macrodatos que utiliza mi empresa proceden de diversas fuentes	4.00	3.69	
El *big data* utilizado por mi empresa está bien estructurado, es decir, está bien definido o presentado en tablas	4.25	3.85	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

La Tabla 59 establece que las dos variables que miden la variedad de datos de análisis de *big data* tienen el mismo grado de importancia, es decir, no existe diferencia significativa entre ellas. Por lo tanto, de acuerdo con la información obtenida es factible establecer que el tiempo que tengan las compañías aeronáuticas realizando sus actividades empresariales, no es posible que sea con-

siderado como un factor determinante en la variedad de datos que puedan ser analizados a través de la tecnología digital de análisis de *big data*.

Tabla 60. Situación media de la empresa con respecto a la velocidad de obtención de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*

Variables	*Medias*
El *big data* utilizado por mi empresa se actualiza con una frecuencia que hace difícil su análisis instantáneo	3.94
El *big data* utilizado por mi empresa incluye una cantidad significativa de datos en tiempo real	3.88

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

La Tabla 60 indica que *el big data utilizado por mi empresa se actualiza con una frecuencia que hace difícil su análisis instantáneo*, es considerada como la variable de mayor grado de importancia, con valor medio de 3.94 (casi de acuerdo) medida por medio de una escala donde 1= total desacuerdo a 5= total acuerdo, seguida de la variable *el big data utilizado por mi empresa incluye una cantidad significativa de datos en tiempo real*, con una media de 3.88. Por tal razón, de acuerdo con la información obtenida es posible deducir que es cada vez mayor la velocidad de obtención de datos a través de la tecnología digital del análisis de *big data* en las compañías aeronáuticas de México.

Tabla 61. Situación media de la empresa con respecto a la velocidad de obtención de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según tamaño de la empresa

Variables	*Pequeñas Empresas*	*Medianas Empresas*	*Grandes Empresas*	*Sig.*
El *big data* utilizado por mi empresa incluye una cantidad significativa de datos en tiempo real	2.60	4.00	3.95	***
El *big data* utilizado por mi empresa se actualiza con una frecuencia que hace difícil su análisis instantáneo	3.00	4.03	4.00	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

La Tabla 61 muestra que *el big data utilizado por mi empresa incluye una cantidad significativa de datos en tiempo real,* es considerada por los gerentes de las compañías como la variable más importante, y tiene un mayor nivel de importancia para las medianas compañías que para las grandes y pequeñas compañías, con una media de 4.00, 3.95 y 2.60 respectivamente, la variable restante tiene el mismo grado de importancia para todas las empresas indepen-

dientemente del tamaño que tengan las empresas. De tal forma que, de acuerdo con la información obtenida es posible concluir que la velocidad de obtención de los datos mediante la tecnología digital de análisis de *big data* es considerada como la de mayor importancia para las medianas compañías que para el resto de las organizaciones industriales de la aeronáutica de México.

Tabla 62. Situación media de la empresa con respecto a la velocidad de obtención de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según la antigüedad de las empresas

Variables	*Empresas Jóvenes*	*Empresas Maduras*	*Sig.*
El *big data* utilizado por mi empresa incluye una cantidad significativa de datos en tiempo real	4.17	3.81	
El *big data* utilizado por mi empresa se actualiza con una frecuencia que hace difícil su análisis instantáneo	4.33	3.85	*

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): p < 0.1; (**): p < 0.05; (***): p < 0.01.

La Tabla 62 establece que *el big data utilizado por mi empresa se actualiza con una frecuencia que hace difícil su análisis instantáneo*, es considerado por los gerentes de las compañías como la viables más importante respecto a la velocidad de obtención de datos de análisis de *big data*, de acuerdo a la antigüedad de las empresas y tiene un mayor grado de importancia para las compañías jóvenes que para las compañías maduras, con una media de 4.33 y 3.85 respectivamente, la otra variable tiene el mismo grado de importancia. Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible suponer que la velocidad de obtención de datos está creciendo más rápidamente en las empresas jóvenes (entre 0 y 10 años en el mercado, que en las compañías maduras con más de 10 años de existencia.

Tabla 63. Situación media de la empresa con respecto al valor y rentabilidad de los datos de la tecnología digital de análisis de *big data*

Variables	*Medias*
El *big data* que utiliza mi empresa es costoso de obtener	4.27
En general, los macrodatos utilizados por mi empresa representan una buena relación calidad-precio	4.25
El *big data* que utiliza mi empresa es utilizado correctamente y beneficia a la organización	4.22
Los macrodatos que utiliza mi empresa son costosos de procesar	4.17

Diferencias estadísticamente significativas: (*): p < 0.1; (**): p < 0.05; (***): p < 0.01.

La Tabla 63 indica que *el big data que utiliza mi empresa es costoso de obtener,* es considerada como la variable de mayor nivel de importancia con una media de 4.27 (casi totalmente de acuerdo) en una escala de 1= total desacuerdo a 5= total acuerdo, seguida de la variable *en general los macrodatos utilizados por mi empresa representan una buena relación calidad-precio*, con un valor medio de 4.25, mientras que *el big data que utiliza mi empresa es utilizado correctamente y beneficia a la organización*, es considerada como la tercer variable en orden de importancia con una media de 4.22. Por tal razón, de acuerdo con la información obtenida es posible inferir que el valor y rentabilidad de los datos de la tecnología digital de análisis de *big data* descansa prácticamente en estas tres variables.

Tabla 64. Situación media de la empresa con respecto al valor y rentabilidad de los datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según tamaño de la empresa

Variables	*Pequeñas Empresas*	*Medianas Empresas*	*Grandes Empresas*	*Sig.*
El *big data* que utiliza mi empresa es utilizado correctamente y beneficia a la organización	3.60	4.31	4.20	
El *big data* que utiliza mi empresa es costoso de obtener	3.80	4.26	4.40	
Los macrodatos que utiliza mi empresa son costosos de procesar	4.00	4.26	4.05	
En general, los macrodatos utilizados por mi empresa representan una buena relación calidad-precio	3.80	4.33	4.20	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): p < 0.1; (**): p < 0.05; (***): p < 0.01.

En la Tabla 64 se puede observar que las cuatro variables que integran el valor y rentabilidad de datos del análisis de *big data*, según el tamaño que posean las organizaciones, tienen el mismo grado de importancia, es decir, no existe diferencia significativa entre ellas. Por lo tanto, de acuerdo con la información obtenida es posible deducir que el tamaño que posean las empresas aeronáuticas de México no puede ser considerado como un factor que determine el valor y rentabilidad de los datos de la tecnología digital del análisis de *big data*.

Tabla 65. Situación media de la empresa con respecto al valor y rentabilidad de los datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según la antigüedad de las empresas

Variables	*Empresas Jóvenes*	*Empresas Maduras*	*Sig.*
El *big data* que utiliza mi empresa es utilizado correctamente y beneficia a la organización	4.50	4.15	
El *big data* que utiliza mi empresa es costoso de obtener	4.58	4.19	
Los macrodatos que utiliza mi empresa son costosos de procesar	4.42	4.12	
En general, los macrodatos utilizados por mi empresa representan una buena relación calidad-precio	4.50	4.19	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

En la Tabla 65 se establece que las cuatro variables que miden al valor y rentabilidad de datos del análisis de *big data*, según la antigüedad de las organizaciones industriales de la aeronáutica de México, tienen el mismo nivel de importancia, ya que no existen diferencias significativas entre ellas, es decir, el valor y rentabilidad de los datos es considerado por los gerentes de las compañías aeronáuticas como igual de importantes para todas las empresas sin considerar que estas organizaciones sean joven o empresa maduras. Por este motivo, de acuerdo con la información obtenida es factible establecer que el tiempo que tengan las empresas aeronáuticas realizando sus actividades industriales no es factible que sean considerado como un factor que determine el valor y rentabilidad de los datos de la tecnología digital del análisis de *big data*.

Una vez que se ha analizado detalladamente la información obtenida directamente de las organizaciones industriales de la aeronáutica de México mediante la aplicación de una encuesta, ahora es importante analizar minuciosamente la información que se presenta en las distintas fuentes de información oficiales y de la industria aeronáutica, sobre el uso y aplicación de las diversas tecnologías digitales de la Industria 4.0, con la finalidad de corroborar la información que proporcionaron directamente los directivos en la encuesta aplicada. En este sentido, en los diversos gráficos que se presentarán a continuación se expondrá el nivel de adopción y aplicación de la Industria 4.0 en las compañías aeronáuticas, analizando la información de manera general y no particularizando en ninguna empresa en específico.

Gráfico 45. Costos de manufactura de la industria aeronáutica (dólares)

china	India	México	Rusia	Brasil	Holanda	Canada	Francia	R.U	Italia	EEUUA	Alemania	Australia	Japón
78	81.4	84.3	85.9	94.5	95.8	97	97.2	98.4	98.8	100	100.4	105.2	107.4

Fuente: HAL Open Science (2019).

El Gráfico 45 muestra los costos internacionales de la manufactura aeroespacial y se observa que China es el país que tiene los costos de manufactura más bajos con 78 dólares, seguido de la India con un costo de manufactura de 81.4 dólares y, en tercer lugar, se encuentra México con un costo de manufactura de 84.3 dólares. Por lo tanto, tomando en cuenta la información presentada con anterioridad, es factible establecer que los costos de manufactura de las compañías aeroespaciales de México son de los más bajos a nivel mundial, lo cual puede ser unos de los factores fundamentales del porqué la mayor parte de la inversión extranjera directa de esta importante industria se está concentrando en México.

Gráfico 46. Proyección de las exportaciones de la industria aeronáutica 2004-2020 (Millones de dólares)



Fuente: Sector Aeroespacial de México (2021).

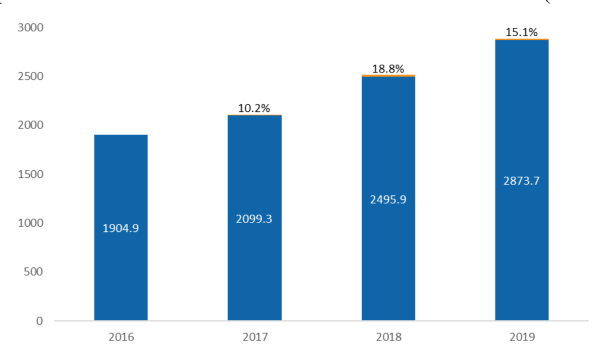
El Gráfico 46 indica la proyección de las exportaciones de las compañías aeronáuticas de México durante el período 2004-2020, y se observa un crecimiento constante en el período analizado hasta e laño 2019, en el cual las organizaciones lograron realizar exportaciones por un monto total de 9,682 millones de dólares, registrándose una reducción de las exportaciones durante el año 2020. Por esa razón, considerando la información antes presentada es factible establecer que las compañías aeronáuticas de México tienen una tendencia a incrementar sus volúmenes de exportaciones de productos al mercado mundial.

Gráfico 47. Producción de la industria aeronáutica mexicana 2016-2019
(Millones de dólares)

Fuente: Sector Aeroespacial de México (2020).

El Gráfico 47 indica la el desarrollo de un incremento constante en cada uno de los años analizados, al pasar de un volumen de producción de 2,903 millones de dólares en 2016 a 3,030 millones de dólares en el 2017, lo cual representó un incremento del 4.30%, mientras que en 2018 se realizó el crecimiento más grande en el volumen de producción de las compañías aeronáuticas de México al registrar 3,337 millones de dólares, representando un crecimiento de un poco más del 10%, logrando en el 2019 solamente un incremento de 3.20% al registrarse un volumen de producción de 3,446 millones de dólares. En este sentido, tomando en cuenta la información anterior es factible concluir que las compañías aeronáuticas de México tienen buenas expectativas de crecimiento de su volumen de producción para los próximos años.

Gráfico 48. Importaciones de la industria aeronáutica 2016-2019 (Millones de dólares)



Fuente: Sector Aeroespacial de México (2020).

El Gráfico 48 indica las importaciones de las empresas de las compañías aeronáuticas de México en el período 2016-2019, y se observa una tendencia creciente al pasar de 1,904.9 millones de dólares en 2016 a 2,099.3 millones de dólares en 2017, lo cual representó un incremento del 10.2%, mientras que durante el año 2018 se registró un incremento del 18.8% en el nivel de las importaciones al importar un volumen total de 2,495.9 millones de dólares y, para el año 2019 se generó un incremento del nivel de las exportaciones del 15.1% al registrar un volumen total de 2,873.7 millones de dólares. Por tanto, de acuerdo con la información obtenida es posible concluir que las importaciones de productos de la industria aeronáutica en México tienen la misma tendencia creciente que las importaciones.

Gráfico 49. Exportaciones de la industria aeronáutica de México 2020

Fuente: Sector Aeroespacial de México (2020).

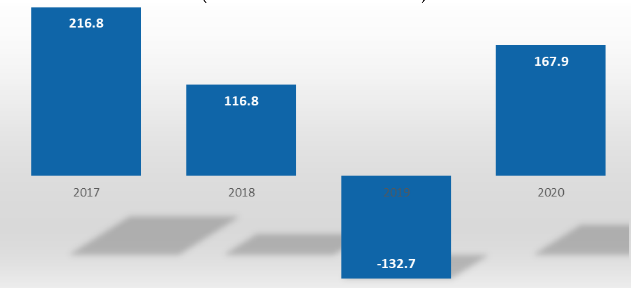
En el Gráfico 49 se puede observar que Estados Unidos es el principal país al que se envía el 63.20% del total de las exportaciones, mientras que Francia es considerado como el segundo país de mayor importancia de la industria aeronáutica de México, al registrar el 15% del volumen total de las exportaciones, los demás países tienen un grado de importancia menor en el volumen total de las exportaciones al registrar menos del 1% cada uno de ellos. Por lo cual, de acuerdo con la información obtenida es posible suponer que las exportaciones de productos de la industria aeronáutica de México se concentran prácticamente en dos países al recibir cerca del 80% del volumen total de las exportaciones de la industria.

Gráfico 50. Inversión extranjera directa en la industria aeronáutica en México 2022

Fuente: SPCPRO (2022).

El Gráfico 50 muestra que Estados Unidos es el país que registra el mayor volumen de inversión extranjera directa con un 47% del total, mientras que Canadá es el segundo país con un mayor volumen de inversión extranjera directa al registrar el 36% del volumen total, en tercer lugar, se encuentra Francia con un volumen total del 11% y en cuarto lugar está España con un volumen total del 5% de la inversión extranjera directa. En este sentido, de considerando la información presentada en líneas anteriores es factible establecer que tanto Estados Unidos como Canadá son los principales países invierten la mayor cantidad de la inversión extranjera directa en la industria aeronáutica de México, al registrar un volumen total del 83%, es decir, poco más de 8 de cada 10 pesos que se invierten en la industria aeronáutica en México provienen de Estados Unidos y Canadá.

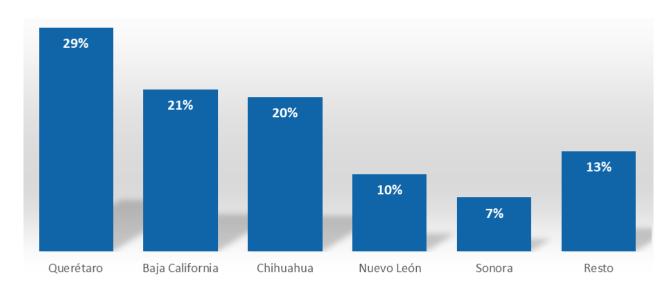
Gráfico 51. Inversión extranjera directa en la industria aeronáutica de México 2017-2020 (Millones de dólares)



Fuente: Sector Aeroespacial de México (2020).

El Gráfico 51 muestra la existencia de una reducción importante de la inversión extranjera directa durante el 2018, al pasar de 216.8 millones de dólares registrados en 2017 a 116.8 millones de dólares invertidos en el 2018, pero la mayor disminución se registró durante el año 2019 al reducirse significativamente la inversión extranjera directa en -132.7 millones de dólares, es decir, en lugar de ingresar inversión salió del país un poco más de la inversión que se realizó en 2018, pero la inversión extranjera directa se incrementó nuevamente durante el año 2020 al registrar 167.9 millones de dólares. Por tal razón, de acuerdo con la información obtenida es posible deducir que se tienen buenas perspectivas para que se incremente nuevamente en los próximos años el volumen total de la inversión extranjera directa mayores a los registrados durante el año 2017.

Gráfico 52. Inversión extranjera directa en la industria aeronáutica en México por entidades federativas 1999-2020



Fuente: Sector Aeroespacial de México (2020).

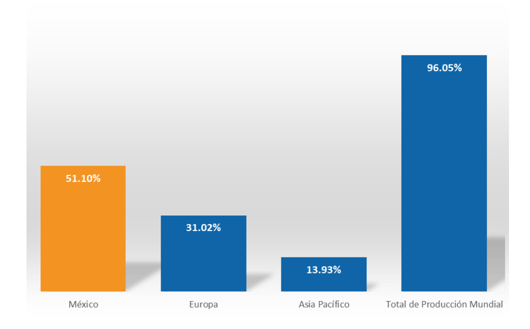
Considerando los estados de la República Mexicana donde ha llegado la inversión extranjera directa en la industria aeronáutica de México en el período 2019-2020, el Gráfico 52 indica que Querétaro es el estado que ha recibido un volumen mayor de inversión al registrar el 29% del volumen total, mientras que Baja California es el segundo estado receptor de la inversión extranjera directa con el 21% del volumen total, seguido de Chihuahua con un 20% del volumen total. Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible concluir que la inversión extranjera directa se concentra esencialmente en tres estados de México con un volumen total del 60% (Querétaro, Baja California y Chihuahua).

Gráfico 53. Empresas de la industria aeronáutica en México 2022 (Unidades)

Fuente: Somos Industria (2022).

En el Gráfico 53 se muestra que Baja California es el estado que concentra la mayor cantidad de negocios con un total de 97 empresas, seguida de Sonora que tiene una cantidad de 58 empresas, Chihuahua con 52 empresas, Querétaro con 50 empresas y Nuevo León con 33 empresas de la industria aeronáutica. Por lo tanto, de acuerdo con la información obtenida es posible suponer que aun cuando Querétaro es el cuarto estado que concentra a solamente 50 empresas, es el principal estado receptor de los recursos financieros destinados a la inversión extranjera directa y de producción, lo que permite establecer que las empresas aeronáuticas establecidas en Querétaro son mucho más grandes que las establecidas en Baja California, que es el estado que concentra la mayor cantidad de empresas de la industria aeronáutica.

Gráfico 54. Participación en la producción mundial de la industria aeronáutica 2022



Fuente: SPSPRO (2022).

En el Gráfico 54 se muestra que México es considerado como uno de los principales países más importantes en la producción de dispositivos de la industria aeronáutica a nivel mundial, al aportar el 51.10% de la producción mundial, mientras que Europa concentra el 31.02% de la producción mundial, los países de Asia Pacífico participan con el 13.93% de la producción total mundial. De modo que, tomando en cuenta la información presentada en líneas anteriores es factible concluir que las organizaciones industriales de la industria aeronáutica de México son las que aportan el mayor volumen de producción de esta industria en el mercado global al aportar un poco más de la mitad de la producción, permitiendo con ello que México sea considerado como el principal país productor de productos de la industria aeronáutica a nivel global.

Gráfico 55. Desplome en las exportaciones de la industria aeronáutica de México derivado del COVID-19 2019-2020 (Millones de dólares)



Fuente: a21.com (2022).

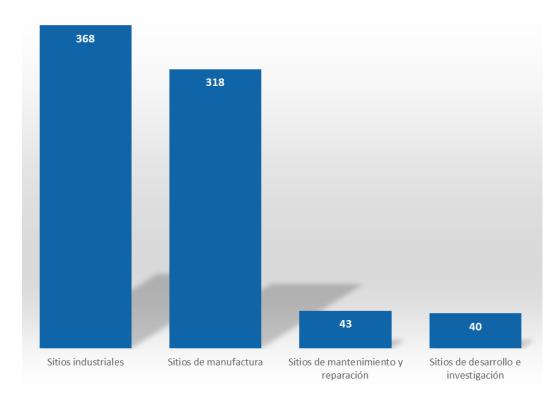
El Gráfico 55 indica el desplome de las exportaciones de la industria aeronáutica de México durante el COVID-19 en el período 2019-2020, y se muestra el registro de una disminución sustancial de las exportaciones al pasar de 9,682 millones de dólares registradas en 2019 a 6,604 millones de dólares durante el 2020. Por ello, considerando la información presentada con anterioridad es factible concluir que el COVID-19 afectó seriamente la producción y las exportaciones no solamente de las empresas de la industria aeronáutica de México, sino también de las compañías industriales de los demás países del orbe, pero se espera que en los próximos años inicie la recuperación de la producción y las exportaciones de esta importante industria.

Gráfico 56. Crecimiento de la industria aeronáutica en 2023

Fuente: a21.com (2022).

El Gráfico 56 muestra las expectativas de crecimiento de la industria aeronáutica en México para el año 2023, y se observa claramente que el crecimiento en los niveles de producción que se pronostica para las empresas de la industria aeronáutica para el próximo año 2023 es de un 16%, mayor que es lo que se espera para la industria aeronáutica a nivel mundial que será del orden del 12%. De modo que, tomando en cuenta la información presentada en líneas anteriores es factible establecer que las empresas organizaciones industriales aeronáuticas de México podrían superar los niveles de crecimiento que se tenían antes de la aparición del COVID-19 en los próximos años, reactivando así esta importante industria.

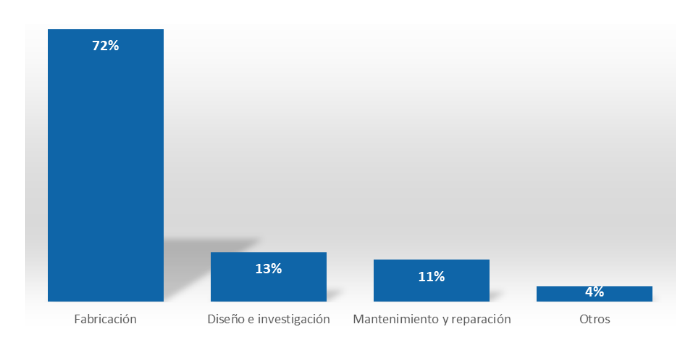
Gráfico 57. Sitios de la industria aeronáutica en México antes del COVID-19



Fuente: Clusterindustrial.com (2022).

El Gráfico 57 indica los sitios de la industria aeronáutica establecidos en México antes de la pandemia del COVID-19, y se puede observar que en México se tenían 368 sitios industriales, 318 sitios de manufactura, 43 sitios de mantenimiento y reparación y 40 sitios de desarrollo e investigación de la industria aeronáutica. Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible suponer que en México se tenían alrededor de 700 sitios dedicados exclusivamente a la producción industrial y a la manufactura de la industria aeronáutica antes de la pandemia del COVID-19, y se espera que en los próximos años se pueda registrar una cantidad mayor de sitios que los que se tenían antes de la pandemia del COVID-19.

Gráfico 58. Principales actividades de la industria aeronáutica en México 2022



Fuente: mexico.bciaerospace.com (2022).

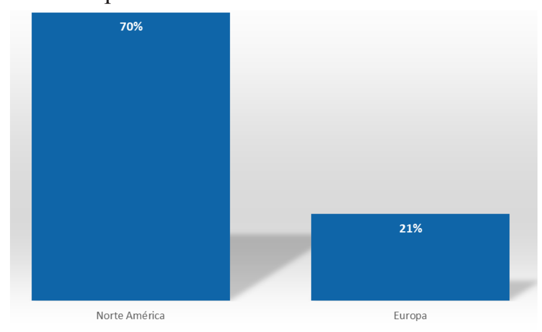
En el Gráfico 58 se indica que el 72% de las actividades se concentran en la fabricación de productos, mientras que el 13% de las actividades corresponden al diseño e investigación, el 11% de las actividades de mantenimiento y reparación y el 4% restante a otro tipo de activadas distintas a las anteriores. Por lo cual, de acuerdo con la información obtenida es posible inferir que la principal actividad de la industria aeronáutica en México está en la fabricación de piezas y productos para esta importante industria.

Gráfico 59. Porcentaje de empresas de la industria aeronáutica en México 2022

Fuente: mexico.bciaerospace.com (2022).

En el Gráfico 59 se puede observar que el 80% del total de las empresas que integran la industria aeronáutica son manufactureras, mientras que el 20% de las empresas restantes se dedican a los servicios de diseño e ingeniería. Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible establecer que alrededor de 8 de cada 10 compañías aeronáuticas ubicadas en México se dedican a la manufactura de partes y productos para el mercado mundial, pero 2 de cada 10 empresas se dedican al diseño e ingeniería de las partes y productos que se fabrican en las empresas establecidas en México, lo cual está generando que México sea reconocido como el principal país productor de la industria aeronáutica a nivel mundial.

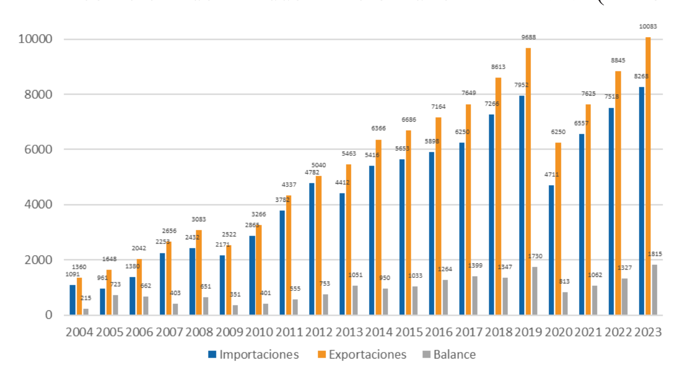
Gráfico 60. Destino de la producción de la industria aeronáutica de Querétaro 2022



Fuente: mexico.bciaerospace.com (2022).

Tomando en cuenta el destino de la producción de la industria aeronáutica del estado de Querétaro por regiones durante el año 2022, en el Gráfico 60 se puede observar que el mercado de América del Norte (TEC-MEC) es la región más importante para la producción y venta de los productos de la industria aeronáutica con un volumen total del 70% del destino de la producción, mientras que a los países de Europa se destina el 21% de la producción total de la industria aeronáutica. Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible concluir que el mercado de América del Norte (TEC-MEC) es el de mayor importancia donde se destinan 7 de cada 10 productos que se producen en México, lo cual permite establecer la importancia que tiene para las organizaciones industriales de la aeronáutica establecidas en México el mercado de Estados Unidos y Canadá.

Gráfico 61. Balanza comercial de la industria aeronáutica 2004-2023 (Millones de dólares)



Fuente: Industria Aeroespacial (2022).

El Gráfico 61 muestra la balanza comercial de la industria aeroespacial en el período 2004-2023, en la cual se observa la existencia de un superávit en las dos últimas décadas, es decir, las exportaciones de las compañías aeronáuticas son mayores que las importaciones de insumos, para el caso específico del 2023 se espera un volumen total de exportaciones de 10,083 millones de dólares, en consecuencia se tiene estimado que las importaciones sean del orden de los 8,268 millones de dólares, generando con ello una balanza positiva de un monto total de 1,815 millones de dólares. Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible suponer la existencia de una balanza comercial positiva de la industria aeronáutica.

En términos generales, es factible establecer que las compañías que integran la industria aeronáutica de México sí han adoptado y aplicado las tecnologías digitales de la Industria 4.0 en sus actividades empresariales, ya que indudablemente esta industria, al igual que la industria automotriz, es una de las que más inversiones destinan al desarrollo de la tecnología digital, ya que ello no solamente es un requerimiento elemental para la producción de aviones, sino también para la producción de naves espaciales que requieren altos niveles de calidad y precisión de los componentes. En este sentido, la tecnología digital que integra la Industria 4.0 juega un rol fundamental en la producción de piezas y aeronaves, así como en el diseño de las nuevas aeronaves y cohetes espaciales que surcarán el cielo y el espacio en un futuro cercano próximo, lo cual, sin lugar a dudas, a las empresas manufactureras que integran la industria aeronáutica en México, las ha llevado a ser consideradas a nivel global como de las más productivas y con uno de los menores costos, siendo precisamente algunos de los principales beneficios de la adopción de la Industria 4.0.

Implementación de la Industria 4.0

en la Industria Química de México

La rápida difusión de las tecnologías digitales de la Industria 4.0 en diversas empresas de bienes y servicios de distintos países del orbe, está generando cambios fundamentales no solamente en los procesos de producción de la industria moderna, sino también en las actividades económicas y sociales de las personas alrededor del mundo (Tortorella *et al.*, 2020; Yadav *et al.*, 2020). En este sentido, se ha establecido en la literatura que la Industria 4.0 integra el mundo físico con el mundo digital, a través de la combinación en las actividades empresariales de las modernas tecnologías digitales con las tecnologías tradicionales (Liao *et al.*, 2017; Tseng *et al.*, 2018; Ardito *et al.*, 2019), permitiendo con ello el desarrollo de un sistema de valor digitalizado, con una amplia conexión en la red y descentralizado, lo cual permite a las organizaciones,

entre ellas las que integran la industria química, una mayor eficiencia en la toma de decisiones (Kiel *et al.*, 2017; Ardito *et al.*, 2018).

Con respecto a las redes sociales, el crecimiento exponencial en la transformación digital de la sociedad, está forjando un impacto sustancial en todos los sectores e industrias de la actividad económica (Li, 2018; Appio *et al.*, 2021), ya que para aprovechar al máximo los beneficios y oportunidades que genera la adopción y aplicación de la Industria 4.0, las compañías de la industria química deberán integrar las nuevas tecnologías digitales y competencias en la totalidad de sus actividades empresariales (Kiel *et al.*, 2017; Ardito *et al.*, 2018; Ardito *et al.*, 2019). Además, la Industria 4.0 va más allá de una transformación orientada en la digitalización de la tecnología de las organizaciones (Liao *et al.*, 2017; Ardito *et al.*, 2019), representa una oportunidad para las empresas manufactureras de la industria química de aprovechar al máximo el potencial que tiene la digitalización, yendo más allá del uso de las tecnologías digitales para aprovechar sus capacidades de influir en la industria a través de productos con mayor nivel de calidad y menor precio (Tseng *et al.*, 2018).

Asimismo, aun cuando la adopción y aplicación de la Industria 4.0 genera diversos beneficios en las compañías industriales de la química, usualmente la comunidad científica y académica los asocia con altos niveles de inversión en tecnología, costos del personal, beneficios económicos poco claros y prolongados períodos de amortización que no tienen claridad (Sommer, 2015; Ghanbari *et al.*, 2017; Kiel *et al.*, 2017; Piccarozzi *et al.*, 2018; Kovacs, 2018; Birkel *et al.*, 2019), así como con altos riesgos tecnológicos derivados de las deficiencias técnicas y de congestión de las redes (Müller & Voigt, 2018; Ben-Daya *et al.*, 2019; Birkel *et al.*, 2019), y riesgos operacionales derivados de la pérdida de puestos de trabajo, resistencia interna, inadecuada cualificación de los trabajadores y falta de experiencia (Piccarozzi *et al.*, 2018; Stock *et al.*, 2018), por lo cual las empresas no están muy convencidas de las bondades que genera la Industria 4.0, y un alto porcentaje de ellas aún no han tomado la decisión de su implementación.

En este sentido, las compañías industriales de la química que quieran adoptar e implementar la Industria 4.0, tendrán que realizar cambios fundamentales, particularmente las pequeñas y medianas empresas (Sommer, 2015; Mittal *et al.*, 2018), ya que regularmente las grandes empresas tienen los recursos financieros y humanos necesarios para la aplicación de las tecnologías digitales de la Industria 4.0 en la totalidad de sus procesos de producción, creando con ello una empresa inteligente (Lee *et al.*, 2016). En contraste, un número importante de compañías de la industria química pequeñas y medianas tienen diversas barreras que que están retrasando la aplicación de las tecnologías digitales de la Industria 4.0, lo cual reduce sustancialmente su nivel de competitividad nacional e internacional (Sommer, 2015; Ganzarain & Errasti, 2016; Horváth &

Szabó, 2019), así como la oportunidad de ser parte de la cadena de suministro de las grandes empresas.

Sin embargo, en la literatura se ha aportado evidencia empírica robusta que demuestra que la aplicación de las tecnologías digitales de la Industria 4.0 cambia la mentalidad del personal de las empresas (Snow *et al.*, 2017), ya que los sistemas y procesos de producción están cambiando radicalmente al pasar de tecnologías automatizadas aisladas, a tecnologías digitales automatizadas e integradas a través de redes de trabajo por internet (Haseeb *et al.*, 2019). Por ello, los sistemas de producción de las empresas manufactureras de la industria química pueden ser inteligentes y transparentes, con una interconexión de personas, máquinas y dispositivos electrónicos alrededor del mundo (Hermann *et al.*, 2016; Lee *et al.*, 2017). Entre las tecnologías digitales que generalmente tienen un mayor nivel de aceptación en las compañías se encuentran los sensores y dispositivos inteligentes, análisis de *big data*, robótica avanzada, internet de las cosas, almacenamiento en la nube, manufactura aditiva, realidad aumentada y virtual y sistemas ciberfísicos (Xu *et al.*, 2018; Chen *et al.*, 2018; Haseeb *et al.*, 2019).

Bajo este contexto, el uso y aplicación de tecnologías digitales también puede ayudar a las empresas manufactureras de la industria química a gestionar con mayor eficiencia sus principales problemas de producción, es decir, aquellos eventos no deseados que son causados en los sistemas de producción que no fueron planeados, tales como las fallas de la maquinaria y los errores humanos en los procesos de producción (Ito *et al.*, 2021). Se estima que un poco más de la mitad de las empresas manufactureras alrededor del mundo tienen problemas en su capacidad productiva (Ylipää *et al.*, 2017). Sin embargo, con la aplicación de las tecnologías digitales, los problemas de producción de las compañías pueden disminuir significativamente, e incluso es posible que las empresas prevean posibles problemas en los sistemas y procesos de producción antes de que estos ocurran (Lee *et al.*, 2017).

De igual manera, se espera que las empresas manufactureras de la industria química enfrenten desafíos gerenciales, con la adopción y aplicación de las tecnologías digitales para manejar eficientemente los sistemas de producción, pues se estima que cerca de dos terceras partes de las empresas manufactureras que han realizado esfuerzos por la implementación de cambios han fallado (Damschroder *et al.*, 2009), y la principal razón que se ha argumentado al fallo es la resistencia de los trabajadores (Prado del Val & Martínez-Fuentes, 2003; Kotter & Schlesinger, 2008). Así, la resistencia del personal de las organizaciones retrasa demasiado la aplicación de la Industria 4.0, lo cual comúnmente genera costos demasiado elevados que comprometen tanto la mejora que se requiere en los procesos y sistemas de producción, como la propia sobreviven-

cia de las empresas manufactureras de la industria química (Prado del Val & Martínez-Fuentes, 2003).

Adicionalmente, también en la literatura se ha aportado evidencia empírica que la tecnología digital de la Industria 4.0 ofrece un nuevo paradigma de operación para las empresas de la industria química, ya que su adopción permite a las organizaciones mejorar sustancialmente la eficiencia y productividad, lo cual conlleva, a través de la digitalización, a la creación de empresas inteligentes (Lasi *et al.*, 2014; Thoben *et al.*, 2017; Xu *et al.*, 2018). En este sentido, la Industria 4.0 fue diseñada en los principios y bases de la interconexión, la descentralización de las decisiones, la transparencia en la información y la asistencia técnica (Hermann *et al.*, 2016), particularmente porque las máquinas, dispositivos, sensores y el personal deben estar interconectados a través de las redes y las tecnologías de la información y la comunicación, proporcionado una interacción rápida y en tiempo real (Ito *et al.*, 2021).

Bajo este escenario, todas las máquinas, dispositivos, sensores y personas pueden compartir datos e información en grandes volúmenes, con total transparencia y con la seguridad que brindan los nuevos sistemas de comunicación, lo cual facilita la toma de decisiones entre la totalidad de los actores (Ito *et al.*, 2021). Además, las tecnologías digitales permiten que el personal de las empresas manufactureras de la industria química tenga asistencia virtual y física en sus tareas de trabajo, dejando a los robots y la maquinaria sofisticada la realización de las actividades agotadoras, inseguras y más pesadas (Hermann *et al.*, 2016). Sin embargo, la aplicación de las distintas tecnologías digitales también genera diversos beneficios, entre los cuales destacan costos de producción más bajos, un aumento significativo en el nivel de productividad, seguridad y calidad de los productos y servicios que generan las empresas manufactureras de la industria química (Moeuf *et al.*, 2018; Müller *et al.*, 2018b; Zheng *et al.*, 2020).

Además, la personalización de productos y servicios que son cada vez más demandados por los clientes y consumidores, los cuales pueden realizarse sin problema alguno mediante la creación de sistemas de producción flexibles (Lasi *et al.*, 2014), así como las actividades de reciclaje y reúso de materiales, lo cual genera una reducción significativa en los impactos negativos al medioambiente (Müller *et al.*, 2018b). En este sentido, la utilización de tecnologías digitales tales como *big data*, robótica avanzada, internet de las cosas, manufactura avanzada y la realidad virtual y aumentada (Chen *et al.*, 2018; Xu *et al.*, 2018; Haseeb *et al.*, 2019), ayudan a las compañías industriales de la química no solamente a lograr una personalización de los productos químicos, sino también a aumentar significativamente los niveles de los rendimientos financieros y económicos de las organizaciones.

En las siguientes tablas y gráficos, se analizará la información obtenida de las compañías industriales de la química de México, con respecto a la adopción y aplicación de la Industria 4.0, y se comparará con la información registrada en las páginas web de las asociaciones industriales, así como en los estudios realizados al respecto por parte de las dependencias gubernamentales y de las propias cámaras empresariales de la industria química.

Tabla 66. Situación media de la empresa con respecto a la adopción de la Industria 4.0

Variables	*Medias*
Los gerentes de proyectos experimentados y capaces están a cargo del equipo del proyecto I4.0	4.02
Se aplican las herramientas y técnicas de gestión de proyectos adecuadas al adoptar el proyecto I4.0	4.0
El programa de implementación de I4.0 es lógico y realista	3.98
Se invierte tiempo y recursos en capacitar a la mano de obra para utilizar las técnicas I4.0	3.9
Los usuarios internos reciben la formación adecuada en el trabajo para aplicar los sistemas I4.0	3.9
El apoyo de la alta dirección en el proyecto I4.0 es alto	3.82
La alta dirección revisa el progreso del proyecto I4.0 de forma regular	3.82
Se brinda capacitación a los empleados sobre tecnología y procesos I4.0	3.82
La alta dirección muestra mucho interés en el proyecto I4.0	3.66

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

En la Tabla 66 se observa que la variable más importante de las empresas con respecto a la adopción de la Industria 4.0 es *los gerentes de proyectos experimentados y capaces están a cargo del equipo del proyecto I4.0*, en una media de 4.02 en una cala de 1 = total desacuerdo a 5 = total acuerdo, seguida de la variable *se aplican las herramientas y técnicas de gestión de proyectos adecuadas al adoptar el proyecto I4.0*, con una media de 4.0 y de la variable *el programa de implementación de I4.0 es lógico y realista*, con un valor medio de 3.98. Así, tomando en cuenta la información presentada en líneas anteriores se puede concluir que la aplicación de la Industria 4.0 en las compañías de la química descansa en estas tres variables.

Tabla 67. Situación media de la empresa con respecto a la adopción de la Industria 4.0, según el tamaño de la empresa

Variables	*Pequeñas Empresas*	*Medianas Empresas*	*Grandes Empresas*	*Sig.*
El apoyo de la alta dirección en el proyecto I4.0 es alto	2.67	3.85	3.93	
La alta dirección muestra mucho interés en el proyecto I4.0	2.33	3.80	3.70	*
La alta dirección revisa el progreso del proyecto I4.0 de forma regular	2.67	4.05	3.78	

Se invierte tiempo y recursos en capacitar a la mano de obra para utilizar las técnicas I4.0	3.00	4.05	3.89	
Los usuarios internos reciben la formación adecuada en el trabajo para aplicar los sistemas I4.0	2.67	4.00	3.96	*
Se brinda capacitación a los empleados sobre tecnología y procesos I4.0	2.33	3.95	3.89	**
Se aplican las herramientas y técnicas de gestión de proyectos adecuadas al adoptar el proyecto I4.0	2.67	4.20	4.00	**
Los gerentes de proyectos experimentados y capaces están a cargo del equipo del proyecto I4.0	3.00	4.15	4.04	
El programa de implementación de I4.0 es lógico y realista	3.00	4.10	4.00	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

La Tabla 67 muestra que *se aplican las herramientas y técnicas de gestión de proyectos adecuadas al adoptar el proyecto I4.0*, es considerada por los gerentes de las compañías como la variables más importante, y tiene mayor importancia para las medianas compañías, que para las grandes y pequeñas compañías, con una media de 4.20, 4.00 y 2.67 respectivamente, seguida de la variable *se brinda capacitación a los empleados sobre tecnología y procesos I4.0,* considerada también como más importante para las medianas compañías que para las grandes y pequeñas compañías, con un valor medio de 3.95, 3.89 y 2.33 respectivamente, y la variable *los usuarios internos reciben la formación adecuada en el trabajo para aplicar los sistemas I4.0*, es considerada en tercer lugar como muy importante teniendo también un mayor nivel de importancia para las medianas compañías que para las grandes y pequeñas compañías, con una media de 4.00, 3.96 y 2.67.

Finalmente, la variable *la alta dirección muestra mucho interés en el proyecto I4.0*, es considerada como importante para las medianas compañías que, para las grandes y pequeñas compañías, con una media de 3.80, 3.70 y 2.33 respectivamente. Así, tomando en cuenta la información presentada con anterioridad se puede concluir que estas cuatro variables, según el tamaño de las empresas, tienen mayores efectos en la adopción de la Industria 4.0, es decir, el tamaño que posean las compañías de la industria química sí es una variable que determina su adopción. En lo que concierne las variables restantes no tienen diferencias significativas, en otras palabras, no influyen en su determinación sin importar el tamaño de la compañía.

Tabla 68. Situación media de la empresa con respecto a la adopción de la Industria 4.0, según la antigüedad de las empresas

Variables	*Empresas Jóvenes*	*Empresas Maduras*	*Sig.*
El apoyo de la alta dirección en el proyecto I4.0 es alto	4.05	3.66	
La alta dirección muestra mucho interés en el proyecto I4.0	3.95	3.45	
La alta dirección revisa el progreso del proyecto I4.0 de forma regular	3.95	3.72	
Se invierte tiempo y recursos en capacitar a la mano de obra para utilizar las técnicas I4.0	3.90	3.90	
Los usuarios internos reciben la formación adecuada en el trabajo para aplicar los sistemas I4.0	4.10	3.76	
Se brinda capacitación a los empleados sobre tecnología y procesos I4.0	3.95	3.72	
Se aplican las herramientas y técnicas de gestión de proyectos adecuadas al adoptar el proyecto I4.0	4.10	3.93	
Los gerentes de proyectos experimentados y capaces están a cargo del equipo del proyecto I4.0	3.90	4.10	
El programa de implementación de I4.0 es lógico y realista	3.90	4.03	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

En la Tabla 68 se observa que las nueve variables de la adopción de la Industria 4.0, según la antigüedad de las empresas, son iguales, es decir, no existen diferencias significativas entre ellas, en otras palabras, las nueve variables son consideradas como igual de importantes para todas las compañías, independientemente que sean empresas jóvenes o empresas maduras. Por ello, tomando en cuenta la información presentada anteriormente es factible concluir que la antigüedad de las compañías industriales de la química no puede ser considerado como un factor determinante de la adopción de la Industria 4.0.

Tabla 69. Situación media de la empresa con respecto al uso de tecnología digital de la Industria 4.0

Variables	*Medias*
Cloud computing (almacenamiento en la nube)	4.20
Impresión 3D	4.14
Herramientas de simulación	4.04
Ciberseguridad	4.02
Manufactura aditiva	4.02

Realidad aumentada	3.90
Soluciones de manufactura avanzada	3.86
Análisis de *big data*	3.84

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

La Tabla 69 indica que las tres tecnologías digitales más importantes de las empresas con respecto a la adopción de la Industria 4.0 son, *cloud computing* (almacenamiento en la nube), con un valor medio de 4.20 medida a través de una escala donde 1= total desacuerdo a 5 = total acuerdo, seguida de la variable *Impresión 3D* con una media de 4.14, y de la variable *Herramientas de simulación*, con un valor medio de 4.04. Así, considerando la información proporcionada con anterioridad es factible concluir que las tres tecnologías digitales de la Industria 4.0 que tienen un mayor uso y aplicación por las compañías industriales de la química son almacenamiento en la nube, impresión 3D y herramientas de simulación.

Tabla 70. Situación media de la empresa con respecto al uso de tecnología digital de la Industria 4.0, según el tamaño de la empresa

Variables	*Pequeñas Empresas*	*Medianas Empresas*	*Grandes Empresas*	*Sig.*
Cloud computing (almacenamiento en la nube)	3.00	4.20	4.33	**
Ciberseguridad	2.67	4.15	4.07	
Análisis de *big data*	2.00	4.10	3.85	***
Soluciones de manufactura avanzada	2.00	3.95	4.00	***
Realidad aumentada	2.33	4.10	3.93	***
Manufactura aditiva	2.33	4.20	4.07	***
Herramientas de simulación	2.00	4.25	4.11	***
Impresión 3D	2.67	4.30	4.19	***

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

En la Tabla 70 se puede observar que la tecnología *Impresión 3D* es considerada como la de mayor grado de importancia, y es más importante para las medianas compañías que para las grandes y pequeñas compañías, con un valor medio de 4.30, 4.19 y 2.67 respectivamente, seguida de la tecnología *Herramientas de simulación* y tiene también una mayor importancia para las medianas empresas que para las grandes y pequeñas empresas, con una media de 4.25, 4.11 y 2.00 respectivamente, y en tercer lugar está la tecnología *Manu-*

factura aditiva con un grado de importancia mayor para las medianas empresas que para las grandes y pequeñas empresas, con una media de 4.20, 4.07 y 2.33 respectivamente. Así, tomando en cuenta la información presentada en líneas anteriores es posible inferir que el tamaño de las compañías sí tiene una importante influencia en el uso de la tecnología digital.

Tabla 71. Situación media de la empresa con respecto al uso de tecnología digital de la Industria 4.0, según la antigüedad de las empresas

Variables	*Empresas Jóvenes*	*Empresas Maduras*	*Sig.*
Cloud computing (almacenamiento en la nube)	4.38	4.07	
Ciberseguridad	4.29	3.83	
Análisis de *big data*	4.10	3.66	
Soluciones de manufactura avanzada	4.05	3.72	
Realidad aumentada	4.00	3.83	
Manufactura aditiva	4.00	4.03	
Herramientas de simulación	4.14	3.97	
Impresión 3D	4.24	4.07	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

En la Tabla 71 se muestra que las ocho tecnologías que integran la aplicación de la Industria 4.0 en las compañías químicas, son consideradas como igual de importantes con respecto a la antigüedad de las organizaciones, es decir, el tiempo que tengan compañías realizado sus actividades industriales no puede ser considerado como no es un factor determinante del uso o no de las tecnologías digitales. Por lo tanto, tomando en cuenta la información presentada con anterioridad es factible concluir que las compañías manufactureras de la industria química utilizan las tecnologías digitales de la Industria 4.0, independientemente de la antigüedad que tengan realizando sus actividades industriales.

Tabla 72. Situación media de la empresa con respecto al volumen de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*

Variables	*Medias*
El *big data* utilizado por mi empresa está creciendo rápidamente en relación con hace dos años	3.88
La gran cantidad de datos que utiliza mi empresa es tan grande que se está volviendo difícil de manejar	3.78

Diferencias estadísticamente significativas: (*): p < 0.1; (**): p < 0.05; (***): p < 0.01.

La Tabla 72 indica que *el big data utilizado por mi empresa está creciendo rápidamente en relación con hace dos años*, es considerada por los gerentes de las compañías como la variable de mayor grado de importancia, con una media de 3.88 en una cala de 1 = total desacuerdo a 5 = total acuerdo, seguida de la variable *la gran cantidad de datos que utiliza mi empresa es tan grande que se está volviendo difícil de manejar*, con una media de 3.78. De modo que, considerando la información presentada anteriormente es factible establecer que estas dos variables son importantes en el volumen de datos del uso del análisis de *big data*.

Tabla 73. Situación media de la empresa con respecto al volumen de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según el tamaño de la empresa

Variables	*Pequeñas Empresas*	*Medianas Empresas*	*Grandes Empresas*	*Sig.*
El *big data* utilizado por mi empresa está creciendo rápidamente en relación con hace dos años	2.00	4.10	3.93	***
La gran cantidad de datos que utiliza mi empresa es tan grande que se está volviendo difícil de manejar	1.67	4.15	3.74	***

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): p < 0.1; (**): p < 0.05; (***): p < 0.01.

La Tabla 73 indica que *el big data utilizado por mi empresa está creciendo rápidamente en relación con hace dos años*, es considerada como la variable más importante y tiene un nivel mayor de importancia mayor para las medianas compañías que para las grandes y pequeñas compañías, con una media de 4.10, 3.93 y 2.00 respectivamente, seguida de la variable *la gran cantidad de datos que utiliza mi empresa es tan grande que se está volviendo difícil de manejar*, también es considerada como más importante para las medianas compañías que para las grandes y pequeñas compañías, con una media de 4.15, 3.74 y 1.67 respectivamente. Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible

suponer que el volumen de datos de la tecnología del análisis de *big data* está creciendo más en las medianas empresas que en las grandes y en las pequeñas.

Tabla 74. Situación media de la empresa con respecto al volumen de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según la antigüedad de las empresas

Variables	*Empresas Jóvenes*	*Empresas Maduras*	*Sig.*
El *big data* utilizado por mi empresa está creciendo rápidamente en relación con hace dos años	4.00	3.79	
La gran cantidad de datos que utiliza mi empresa es tan grande que se está volviendo difícil de manejar	3.86	3.72	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

En la Tabla 74 se observa que las dos variables que integran el volumen de datos de la tecnología de análisis de *big data*, según la antigüedad de las empresas, son consideradas por los gerentes de las compañías como igual de importantes para todas las compañías de la industria química, sin importar si son compañías jóvenes o compañías maduras. Por tal motivo, de acuerdo con la información obtenida es factible concluir que el tiempo que tengan compañías químicas realizando sus actividades empresariales no puede ser considerado como un factor que determine el volumen de datos de la tecnología del análisis de *big data*.

Tabla 75. Situación media de la empresa con respecto a la variedad de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*

Variables	*Medias*
El *big data* utilizado por mi empresa está bien estructurado, es decir, está bien definido o presentado en tablas	3.76
Los macrodatos que utiliza mi empresa proceden de diversas fuentes	3.58

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

La Tabla 75 indica que *el big data utilizado por mi empresa está bien estructurado, es decir, está bien definido o presentado en tablas*, es considerada por los gerentes como la variable de mayor grado de importancia con un valor medio de 3.76 medida a través de una escala donde 1 = total desacuerdo a 5 = total acuerdo, mientras que *los macrodatos que utiliza mi empresa proceden de diversas fuentes*, es considerada como la segunda variable en orden de importancia con una media de 3.58. De manera que, de acuerdo con la información

obtenida se puede deducir que las dos variables que integran la variedad de datos de la tecnología del análisis de *big data* son consideradas como igual de importantes en el uso de la tecnología.

Tabla 76. Situación media de la empresa con respecto a la variedad de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según el tamaño de la empresa

Variables	*Pequeñas Empresas*	*Medianas Empresas*	*Grandes Empresas*	*Sig.*
Los macrodatos que utiliza mi empresa proceden de diversas fuentes	3.00	3.70	3.56	
El *big data* utilizado por mi empresa está bien estructurado, es decir, está bien definido o presentado en tablas	4.00	3.80	3.70	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

La Tabla 76 indica que las dos variables que integran la variedad de datos de la tecnología de análisis de *big data*, según el tamaño de la empresa de la industria química, son consideradas por los gerentes de las compañías como igual de importantes para todas las compañías independientemente del tamaño que estas tengan, es decir, la antigüedad no influye en su determinación. Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible concluir que el tamaño que tengan las empresas de la industria química no influye en la variedad de datos de la tecnología del análisis de *big data*.

Tabla 77. Situación media de la empresa con respecto a la variedad de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según la antigüedad de las empresas

Variables	*Empresas Jóvenes*	*Empresas Maduras*	*Sig.*
Los macrodatos que utiliza mi empresa proceden de diversas fuentes	3.71	3.48	
El *big data* utilizado por mi empresa está bien estructurado, es decir, está bien definido o presentado en tablas	3.71	3.79	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

En la Tabla 77 se observa que las dos variables de la variedad de datos de la tecnología de análisis de *big data*, según la antigüedad de las empresas de la industria química, son consideradas como igual de importantes para todas las compañías independientemente que sea empresa joven o empresa madura. Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible suponer que la

antigüedad no es un factor que influya en la variedad de datos de la tecnología del análisis de *big data*.

Tabla 78. Situación media de la empresa con respecto a la velocidad de obtención de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*

Variables	*Medias*
El *big data* utilizado por mi empresa incluye una cantidad significativa de datos en tiempo real	3.68
El *big data* utilizado por mi empresa se actualiza con una frecuencia que hace difícil su análisis instantáneo	3.64

Diferencias estadísticamente significativas: (*): p < 0.1; (**): p < 0.05; (***): p < 0.01.

En la Tabla 78 se puede observar que *el big data utilizado por mi empresa incluye una cantidad significativa de datos en tiempo real*, es considerada por los gerentes de las compañías como la de mayor importancia, con valor medio de 3.68 medida mediante una escala donde 1 = total desacuerdo a 5 = total acuerdo, seguida de la variable *el big data utilizado por mi empresa se actualiza con una frecuencia que hace difícil su análisis instantáneo*, con una media de 3.64. Por ello, de acuerdo con la información obtenida se puede inferir que las dos variables que integran la velocidad de obtención de datos de la tecnología del análisis de *big data* tienen el mismo nivel de importancia.

Tabla 79. Situación media de la empresa con respecto a la velocidad de obtención de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según el tamaño de la empresa

Variables	*Pequeñas Empresas*	*Medianas Empresas*	*Grandes Empresas*	*Sig.*
El *big data* utilizado por mi empresa incluye una cantidad significativa de datos en tiempo real	3.33	3.65	3.74	
El *big data* utilizado por mi empresa se actualiza con una frecuencia que hace difícil su análisis instantáneo	1.67	3.75	3.78	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): p < 0.1; (**): p < 0.05; (***): p < 0.01.

En la Tabla 79 se observa que las dos variables que integran la velocidad de obtención de datos de la tecnología de análisis de *big data*, según el tamaño de las empresas de la industria química, son consideradas como igual de importantes sin importar el tamaño de la compañía, es decir, no influye en su determinación. Por lo tanto, de acuerdo con la información obtenida es posible deducir que el tamaño que tengan las compañías químicas no es un factor que

determine la velocidad de obtención de datos de la tecnología de análisis de *big data*.

Tabla 80. Situación media de la empresa con respecto a la velocidad de obtención de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según la antigüedad de las empresas

Variables	*Empresas Jóvenes*	*Empresas Maduras*	*Sig.*
El *big data* utilizado por mi empresa incluye una cantidad significativa de datos en tiempo real	3.67	3.69	
El *big data* utilizado por mi empresa se actualiza con una frecuencia que hace difícil su análisis instantáneo	3.71	3.59	

Diferencias estadísticamente significativas: (*): p < 0.1; (**): p < 0.05; (***): p < 0.01.

En la Tabla 80 se puede observar que las dos variables de la velocidad de obtención de datos de la tecnología del análisis de *big data*, según la antigüedad de las empresas de la industria química, tienen el mismo grado de importancia independientemente que sea empresa joven o empresa madura. Así, tomando en cuenta la información presentada en líneas anteriores, es factible establecer que la antigüedad de las compañías químicas no influye en la determinación de la velocidad de obtención de datos de la tecnología del análisis de *big data*.

Tabla 81. Situación media de la empresa con respecto al valor y rentabilidad de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*

Variables	*Medias*
El *big data* que utiliza mi empresa es utilizado correctamente y beneficia a la organización	3.90
En general, los macrodatos utilizados por mi empresa representan una buena relación calidad-precio	3.90
Los macrodatos que utiliza mi empresa son costosos de procesar	3.82
El *big data* que utiliza mi empresa es costoso de obtener	3.72

Diferencias estadísticamente significativas: (*): p < 0.1; (**): p < 0.05; (***): p < 0.01.

La Tabla 81 indica que *el big data que utiliza mi empresa es utilizado correctamente y beneficia a la organización*, es considerada como la variables de mayor grado de importancia con un valor medio de 3.90 medida en una escala donde 1 = total desacuerdo a 5 = total acuerdo, mientras que *en general los macrodatos utilizados por mi empresa representan una buena relación calidad-precio*, es considerada como la segunda variable más importante con un valor medio de 3.90, y *los macrodatos que utiliza mi empresa son costosos de procesar* es considerada como la tercera variables más importante con un valor

medio de 3.82. Por lo que, considerando la información anterior es factible concluir que el valor y rentabilidad de los datos de la tecnología del análisis de *big data* descansa en estas tres variables.

Tabla 82. Situación media de la empresa con respecto al valor y rentabilidad de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según el tamaño de la empresa

Variables	*Pequeñas Empresas*	*Medianas Empresas*	*Grandes Empresas*	*Sig.*
El *big data* que utiliza mi empresa es utilizado correctamente y beneficia a la organización	3.33	3.90	3.96	
El *big data* que utiliza mi empresa es costoso de obtener	2.33	3.85	3.78	*
Los macrodatos que utiliza mi empresa son costosos de procesar	2.33	4.10	3.78	
En general, los macrodatos utilizados por mi empresa representan una buena relación calidad-precio	3.33	3.95	3.93	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

En la Tabla 82 se muestra que *el big data que utiliza mi empresa es costoso de obtener* es considerada por los gerentes como la variable de mayor grado de importancia, y es mucho más importante para las medianas compañías que para las grandes y pequeñas compañías, con un valor medio de 3.85, 3.78 y 2.33 respectivamente, el resto de las variables con consideradas como igual de importantes sin importar el tamaño que tengan las compañías químicas. Por lo tanto, de acuerdo con la información obtenida es posible inferir que el tamaño que tengan las empresas de la industria química influye muy poco en la determinación del valor y rentabilidad de los datos de la tecnología del análisis de *big data*.

Tabla 83. Situación media de la empresa con respecto al valor y rentabilidad de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según la antigüedad de las empresas

Variables	*Empresas Jóvenes*	*Empresas Maduras*	*Sig.*
El *big data* que utiliza mi empresa es utilizado correctamente y beneficia a la organización	3.86	3.93	
El *big data* que utiliza mi empresa es costoso de obtener	3.71	3.72	
Los macrodatos que utiliza mi empresa son costosos de procesar	3.76	3.86	
En general, los macrodatos utilizados por mi empresa representan una buena relación calidad-precio	3.71	4.03	

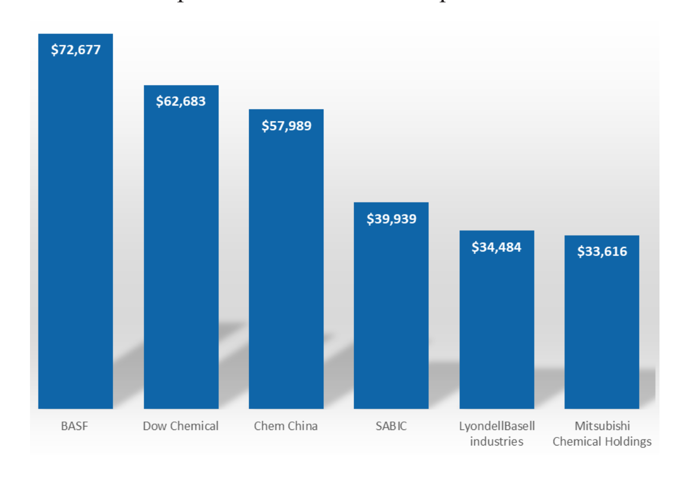
[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

En la Tabla 83 se indica que las cuatro variables que integran el valor y rentabilidad de datos de la tecnología de análisis de *big data*, según la antigüedad de las empresas de la industria química, son consideradas como igual de importantes para todas las compañías sin importar que éstas sea empresa joven o empresa madura. Por lo tanto, de acuerdo con la información obtenida se puede concluir que la antigüedad que tengan las compañías químicas no debe ser considerado como un factor diferenciador del análisis de *big data*.

Una vez que se ha analizado detalladamente la información obtenida directamente de las compañías químicas de México mediante la aplicación de una encuesta ahora es importante analizar la información que se presenta en las distintas fuentes de información oficiales y de la propia industria química, sobre la aplicación de las distintas tecnologías digitales de la Industria 4.0, con la finalidad de corroborar la información que proporcionaron directamente los directivos en la encuesta aplicada. En este sentido, en los diversos gráficos que se presentarán a continuación se expondrá el nivel de adopción y aplicación de la Industria 4.0 en las compañías químicas, analizando la información de manera general y no en particular de ninguna empresa en especial.

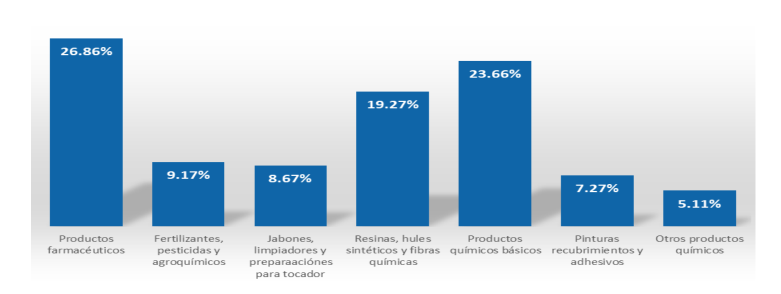
Gráfico 62. Composición de la industria química a nivel mundial



Fuente: Unidad de Inteligencia de Negocios (2022).

El Gráfico 62 muestra la composición de la industria química a nivel mundial, y se observa que los *petroquímicos básicos del gas natural y petróleo refinado y la de gases industriales*, tiene el porcentaje de participación más elevado con un 38%, seguida de la *química orgánica* con un porcentaje de 28%, luego la *química mixta* con un porcentaje de 12% y, finalmente, la *química inorgánica* con porcentaje de participación del 12%. Por lo tanto, de acuerdo con la información obtenida es posible concluir que cerca de 4 de cada 10 empresas de la industria química a nivel global pertenecen a los petroquímicos básicos.

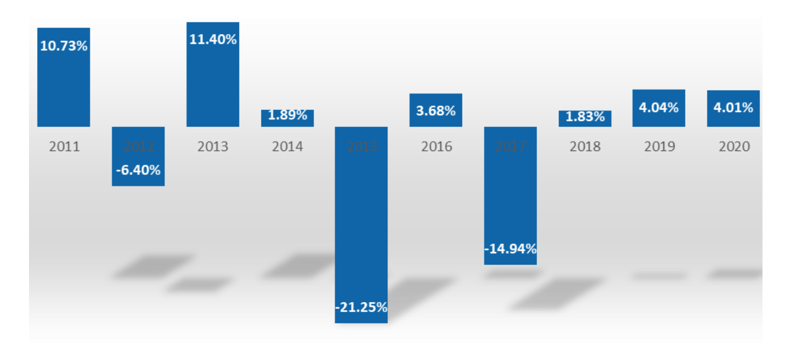
Gráfico 63. Producción mundial de la industria química por rama de actividad



Fuente: Unidad de Inteligencia de Negocios (2022).

En el Gráfico 63 se muestra la producción mundial por arma de actividad de la industria química, y se observa que las tres principales actividades son los *productos farmacéuticos* con un porcentaje de participación del 26.86% seguida de *productos químicos básicos* con 23.66% de participación y, finalmente, las *resinas, hules sintéticos y fibras químicas* con un porcentaje de participación del 19.27%. Por tal razón, de acuerdo con la información obtenida es posible suponer que 6 de cada 10 productos de la industria química a nivel global pertenecen a estas tres importantes ramas.

Gráfico 64. Empresas de la industria química más importantes a nivel mundial (Ingresos en millones de dólares)



Fuente: Unidad de Inteligencia de Negocios (2022).

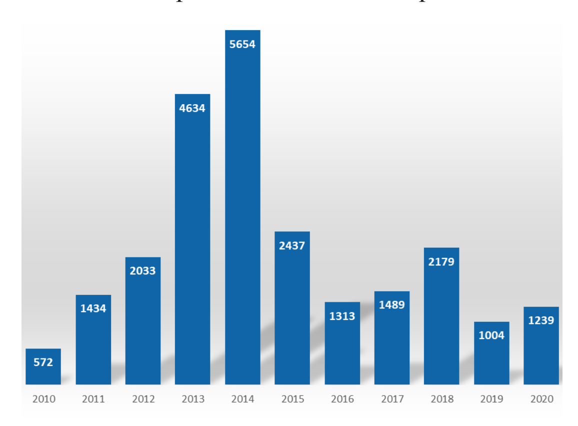
El Gráfico 64 muestra los ingresos de las empresas químicas más grandes del mundo durante el 2021, y se observa que la empresa *BASF* tuvo un ingreso de 72,677 millones de dólares, seguida de la empresa *Dow Chemical* con ingresos de 62,683 millones de dólares, en tercer lugar la empresa *Chem China* con ingresos de 57,989 millones de dólares, en cuarto lugar se encuentra la empresa *SABIC* con ingresos de 39,939 millones de dólares, en quinto lugar está la empresa *LyondellBasell Industries* con unos ingresos de 34,484 millones de dólares y, finalmente, la empresa *Mitsubishi Chemical Holdings* con ingresos de 33,616 millones de dólares. Por lo tanto, tomando en cuenta la información anteriormente presentada se puede concluir que las tres primeras empresas concentran el mayor porcentaje de ingresos a nivel global de la industria química.

Gráfico 65. Tasa de crecimiento de la producción de la industria química en México

Fuente: Unidad de Inteligencia de Negocios (2018).

El Gráfico 65 muestra la tasa de crecimiento de la producción química de México, donde se aprecia que durante el año 2020 el crecimiento de la producción fue del 4.01%, superior al registrado en 2018 y 2019, donde se registró un porcentaje de 1.83% y 4.04%, y logrando un porcentaje de crecimiento equilibrado en comparación con el año 2017 en la que indica un porcentaje negativo de -14.94%. De suerte que, de acuerdo con la información obtenida se puede deducir que en los últimos tres años la producción de las compañías químicas en México tiene una tendencia creciente.

Gráfico 66. Participación de la industria química en el PIB

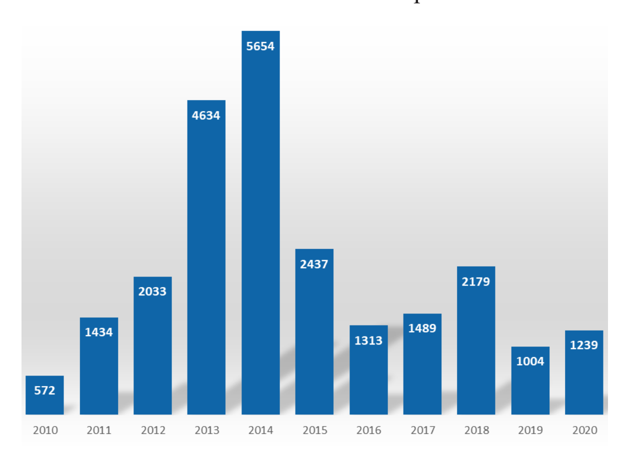


Fuente: ANIQ (2022).

En el Gráfico 66 se observa la contribución de la industria química en el PIB de México, misma que durante el año 2020 tuvo una participación del

2.1%, similar al registrado durante al año 2018, y superior al registrado en los años 2017 y 2019, el cual fue del 1.8% y del 2.0% de manera respectiva, y se tiene un pronóstico favorable ya que en los próximos años se espera un aumento mayor. En este sentido, considerando la información anteriormente presentada es factible establecer que la participación de las compañías industriales de la química en el PIB de México está en franco crecimiento después de haber pasado ya la etapa más crítica de la pandemia del COVID-19.

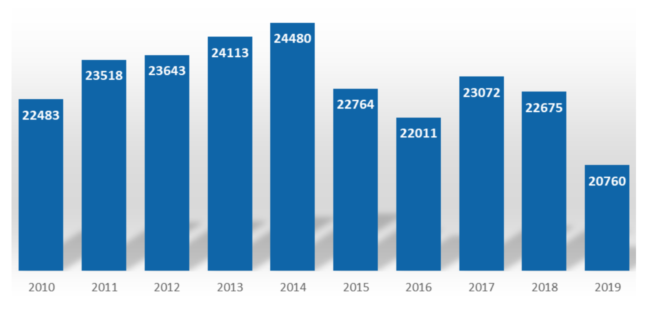
Gráfico 67. Inversión en la industria química 2010-2020



Fuente: ANIQ (2022).

En el Gráfico 67 se muestra la inversión en la industria química desde el 2010 hasta el 2020, y se muestra que en el 2020 se registró una inversión de 1,239 millones de pesos, siendo superior a la registrada durante al año 2019 la cual fue de 1,004 millones de pesos, pero inferior a la registrada en los años 2017 y 2018, la cual fue de 1,489 y 2,179 millones de pesos, respectivamente, pero indudablemente la mayor inversión en las empresas de la industria química de México se realizó durante los años 2013, 2014 y 2015, registrando una inversión de 4,634, 5,654 y 2,437 millones de pesos. Por ello, tomando en cuenta la información presentada en líneas anteriores es factible. concluir que la inversión en las compañías químicas en México aún no ha logrado los niveles que se registraron durante los años 2013 y 2014, pero al parecer tiene una tendencia al alza en los próximos años.

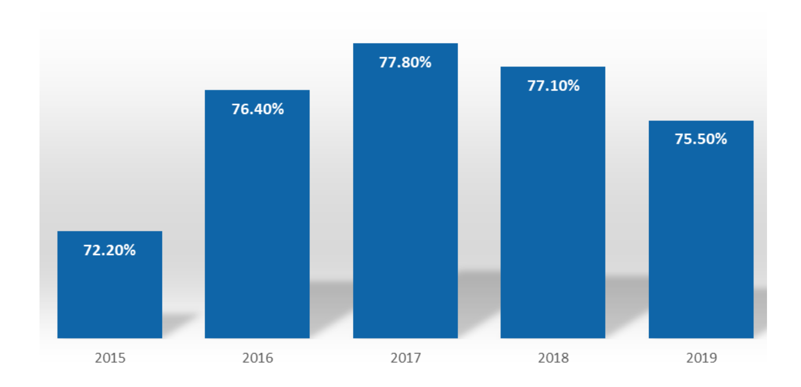
Gráfico 68. Producción de la industria química 2010-2019 (Millones de pesos)



Fuente: ANIQ (2022).

El Gráfico 68 indica los resultados de la producción de la industria química durante el período 2010-2019, y se puede observar que en el año 2019 la producción fue de 20,760 millones de pesos, muy inferior a la registrada durante los años 2017 7 2018, la cual fue de 23,072 y 22,675 millones de pesos, respectivamente, mientras que el año 2014 se registró la mayor producción con un valor total de 24,480 millones de pesos. Por lo tanto, tomando en cuenta la información antes mencionada es factible concluir que la producción de las compañías químicas en México tiene una tendencia decreciente.

Gráfico 69. Porcentaje de utilización de la capacidad instalada de la industria química

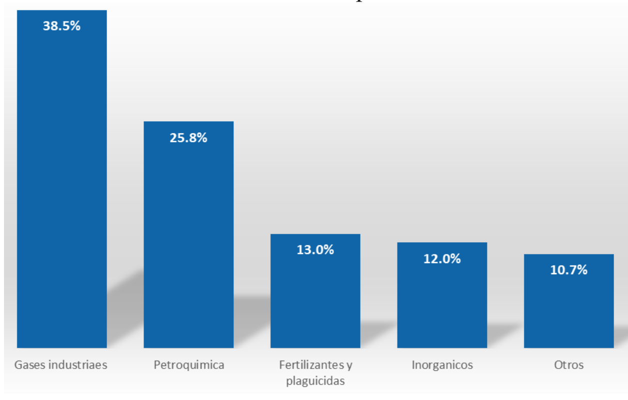


Fuente: ANIQ (2022).

Con respecto a la utilización de la capacidad instalada de las compañías industriales de la química en México, en el Gráfico 69 se muestra que durante

el 2017 se obtuvo el porcentaje más alto al lograr un 77.80%, mientras que en el año 2018 se registró un porcentaje de la utilización de la capacidad instalada del 77.10%, durante al año 2019 de obtuvo un porcentaje del 75.50%, un poco inferior al registrado en el año 2016 el cual fue del 76.40% y superior al obtenido en el año 2015 el cual fue del 72.20%. Por lo tanto, de acuerdo con la información obtenida es posible deducir que la tendencia en el porcentaje de utilización de la capacidad instalada de las compañías químicas en México, durante los próximos años está a la baja.

Gráfico 70. Ventas de la industria química en México en 2020



Fuente: ANIQ (2022).

El Gráfico 70 muestra las ventas internas de la industria química en el año 2020, y se observa que las principales ventas se concentran en los *gases industriales* con el 38.5% del total de las ventas, seguida de la *petroquímica* con un 25.8%, en tercer lugar se encuentran las ventas de fertilizantes y plaguicidas con un 13% del total de las ventas, en cuarto lugar se encuentran las ventas de productos *inorgánicos* con un 12% y, finalmente, en quinto lugar se encuentran las ventas de otros productos con el 10.7% del total de las ventas de la industria química. Por lo tanto, considerando la información presentada con anterioridad es factible establecer que las ventas totales de las compañías químicas en México se concentran prácticamente en los gases industriales y en la petroquímica.

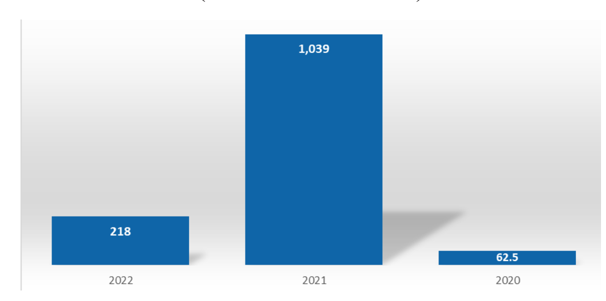
Gráfico 71. Empresas de la industria química en México por estado

854
714
611
Estado de México
Ciudad de México
Jalisco

Fuente: Datamexico.org (2022).

El Gráfico 71 indica las empresas de la industria química existentes en México, y se observa que el Estado de México es el que concentra a la mayoría de las empresas de esta industria con un total de 854 empresas, mientras que la Ciudad de México concentra a 714 empresas y Jalisco concentra a 611 empresas. Por lo cual, de acuerdo con la información obtenida es posible suponer que la industria química se concentra prácticamente en tres estados de México.

Gráfico 72. Inversión extranjera directa en la industria química 2020-2022
(Millones de dólares)

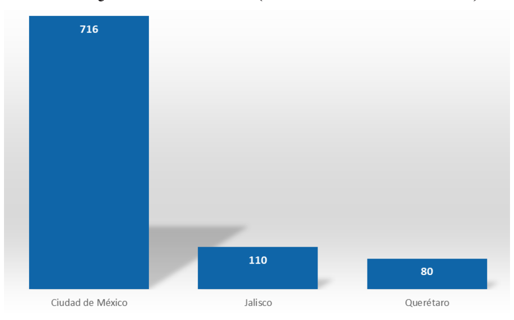


Fuente: Datamexico.org (2022).

El Gráfico 72 muestra la existencia de un aumento significativo en la inversión realizada en el 2021 con respecto al 2020, al aumentar de 62.5 millones de dólares en el 2020 a 1,039 millones de dólares en el 2021, pero en el primer semestre del 2022 la inversión extranjera directa disminuyó al registrar 218 millones de dólares. Por tal razón, de acuerdo con la información obtenida es posible inferir que el incremento exponencial de la inversión extranjera directa registrada durante el 2021 puede ser producto de los

esfuerzos de las empresas de la industria química por encontrar una vacuna para contener la pandemia del COVID-19 que afecta a la sociedad mundial.

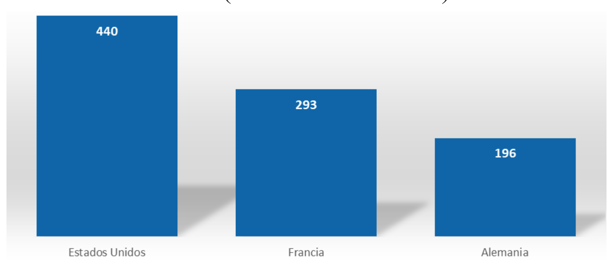
Gráfico 73. Inversión extranjera directa en la industria química por entidad federativa enero-junio de 2022 (Millones de dólares)



Fuente: Datamexico.org (2022).

En el Gráfico 73 se puede observar que la Ciudad de México es considerada como la entidad federativa de la República Mexicana que recibió la mayor cantidad de inversión extranjera al registrar en el primer semestre del 2022 una cantidad de 716 millones de dólares, mientras que Jalisco es la segunda entidad federativa receptora de la inversión extranjera directa al registrar en el primer semestre del 2022 una cantidad de 110 millones de dólares y, en tercer lugar, se encuentra Querétaro el cual recibió una cantidad de 80 millones de dólares en los primeros seis mesas del 2022 como inversión extranjera directa. Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible deducir que la inversión extranjera directa en México se concentra prácticamente en tres estados.

Gráfico 74. Origen de la inversión extranjera directa de la industria química enero-junio 2022 (Millones de dólares)



Fuente: Datamexico.org (2022).

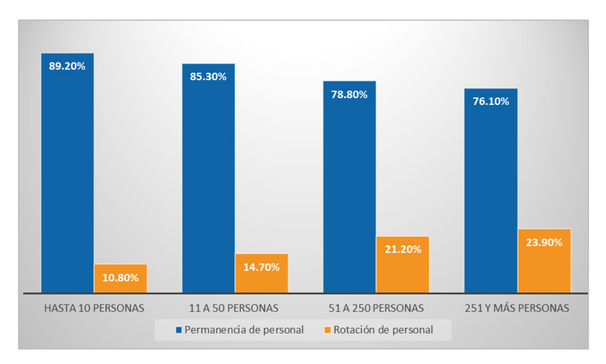
El Gráfico 74 indica que el monto mayor de la inversión extranjera proviene de Estados Unidos al registrar en el primer semestre del 2022 una cantidad de 440 millones de dólares, mientras que el segundo país que registró una mayor cantidad de inversión extranjera en México fue Francia con 293 millones de dólares y, en tercer lugar, se encuentra Alemania con un registro de 196 millones de dólares, Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible concluir que estos son los tres principales países que realizan inversión extranjera directa en la industria química en México.

Gráfico 75. Personal según edad y antigüedad de las empresas de la industria química

Fuente: Datamexico.org (2022).

El Gráfico 75 muestra el personal según la edad y antigüedad de las empresas de la industria química en México, e indica que todas las compañías químicas tienen contratados a muy pocos jóvenes de hasta 20 años, pero un porcentaje importante de las empresas tienen en su plantilla de personal a trabajadores con una edad de entre 21 a 30 años, particularmente las empresas adultas (más de 20 años en el mercado) quienes tienen al 36% de sus trabajadores en este rango de edad, otro importante porcentaje de las empresas tienen en su plantilla de personal a trabajadores que tienen un promedio de edad entre los 31 a 40 años, y las empresas tienen en promedio al 33% de su personal en este rango de edad y, por último, un porcentaje menor de las empresas tienen en su plantilla de trabajadores a personal de más de 41 años de edad, particularmente las empresas jóvenes (menores a 5 años) son las que tienen al 41% de su personal en este rango de edad. Por ello, tomando en cuenta la información anterior es factible concluir que la mayoría de las organizaciones tienen una plantilla de personal con una edad de 30 años.

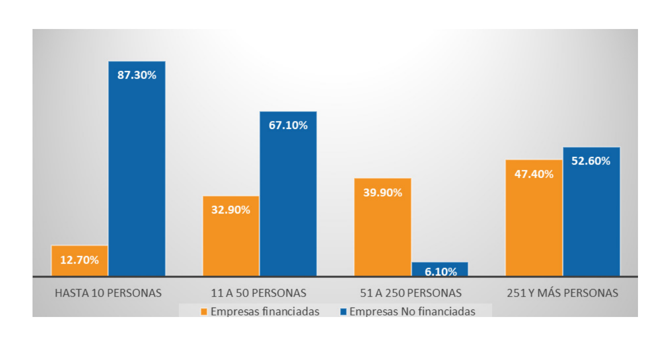
Gráfico 76. Rotación y permanencia del personal según el tamaño de las empresas de la industria química



Fuente: Datamexico.org (2022).

En referencia a la rotación y permanencia del personal según el tamaño de las compañías químicas de México, el Gráfico 76 indica que tanto las micro y pequeñas como las medianas y grandes empresas, tienen un alto porcentaje de permanencia de su personal, pero son las microempresas las que registran el porcentaje más elevado al registrar un 89% de permanencia, mientras que las grandes empresas sólo tienen el 76%, mientras que las medianas y grandes empresas son las que registran los porcentajes más elevados de rotación del personal. Por lo tanto, considerando la información presentada en líneas anteriores es factible concluir que las compañías químicas en México tienen una permanencia del personal promedio del 78%, mientras que la rotación promedio es del 15%.

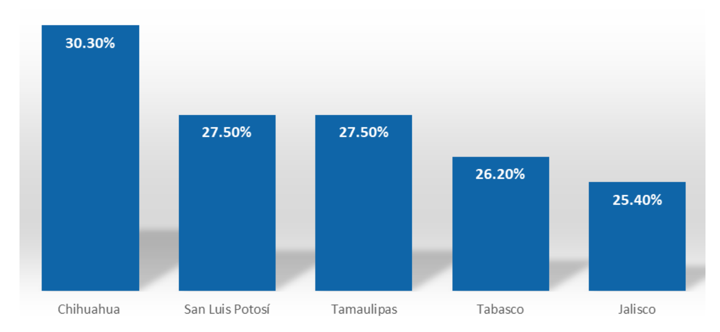
Gráfico 77. Empresas de la industria química que recibieron y no financiamiento



Fuente: Datamexico.org (2022).

El Gráfico 77 indica las empresas de la industria química que recibieron y no financiamiento durante el primer semestre del año 2022, y se puede observar que las medianas empresas (51 a 250 trabajadores), son las empresas que más recibieron el apoyo de financiamiento para el desarrollo de sus proyectos con cerca del 40% del total de las empresas, mientras que las microempresas son las que menos apoyo recibieron en el financiamiento de sus proyectos al apoyar solamente al 12.7% de las empresas. Por lo cual, de acuerdo con la información obtenida es posible deducir que el apoyo para el financiamiento de los proyectos empresariales se concentra prácticamente en las medianas y grandes empresas.

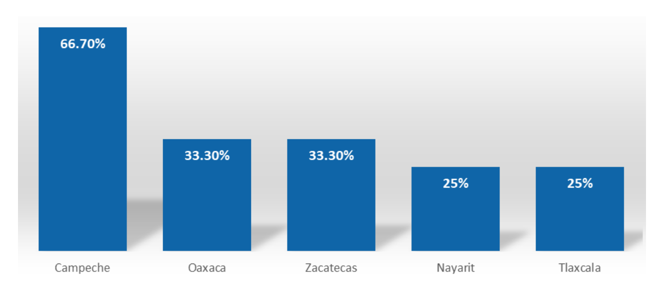
Gráfico 78. Entidades federativas con mayor porcentaje de empresas de la industria química que recibieron financiamiento



Fuente: Datamexico.org (2022).

Considerando las entidades federativas con mayor poyo del financiamiento de las compañías industriales de la química en México, en el Gráfico 78 se muestra que Chihuahua es el estado que recibió el mayor porcentaje de apoyo al registrar el 30.3% de las empresas, mientras que San Luis Potosí es el segundo estado al recibir el 27.5% de las empresas financiamiento para sus proyectos y, en tercer lugar, está Tamaulipas al concentrar el 27.5% de las empresas apoyo de financiamiento. De manera que, de acuerdo con la información obtenida es posible concluir que estos son los tres principales estados donde se concentró el financiamiento.

Gráfico 79. Porcentaje de innovación en las empresas de la industria química por entidad federativa



Fuente: Datamexico.org (2022).

El Gráfico 79 indica el porcentaje de las empresas de la industria química que han realizado actividades de innovación por entidad federativa, y se observa que Campeche es la entidad que realiza mayor innovación con el 66.7% del total de las empresas de la industria química, mientras que Oaxaca es la segunda entidad con actividades de innovación al registrar el 33.3% de las empresas y, en tercer lugar, se encuentra Zacatecas quien concentra el 33.3% de la innovación en las compañías químicas. Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible suponer que estas son las tres entidades federativas en donde se concentran las actividades de innovación de la industria química en México.

Bajo este contexto, es factible establecer que son relativamente pocas las compañías químicas en México que han adoptado y aplicado las tecnologías digitales de la Industria 4.0, particularmente son las grandes empresas y algunas de las medianas empresas las que han adoptado a la industria 4.0, ya que las pequeñas y un elevado porcentaje de las medianas empresas no tienen la capacidad, los recursos ni el personal capacitado para la aplicación de la Industria 4.0. En este sentido, las grandes compañías trasnacionales de la industria química que tienen sus plantas en México son las empresas que han adoptado e implementado la Industria 4.0, generalmente porque son las que tienen la mayor capacidad económica, financiera y el personal capacitado para el uso y aplicación de las tecnologías digitales.

Implementación de la Industria 4.0 en

la Industria Textil en México

En la literatura, generalmente los investigadores, académicos y profesionales de la industria asocian a las actividades de la Industria 4.0 con la transformación de los procesos productivos de las empresas, a través de la utilización de tecnologías digitales inteligentes (Rauch *et al.*, 2018; Bolesnikov *et al.*, 2019; Ardito *et al.*, 2019), particularmente la aplicación del internet de las cosas en los sistemas productivos industriales, genera un mayor valor en los procesos productivos de las compañías de la industria textil, por lo cual el uso y aplicación de la Industria 4.0 permite la colaboración en los sistemas y procesos de producción en tiempo real dentro y fuera de la organización (Ghobakhloo, 2020), mejorando con ello tanto la reducción en los tiempos de producción de los productos

textiles y entrega de los mismos, como los costos asociados los sistemas industriales.

Además, uno de los aspectos esenciales de la aplicación de la Industria 4.0 es el uso de distintas tecnologías digitales, entre las que destacan los sistemas ciberfísicos, el internet de las cosas, la computación cognitiva, el almacenamiento en la nube, la robótica avanzada, la impresión 3D, la simulación, la ciberseguridad y el análisis de *big data* (Hermann & Otto, 2015; Matt *et al.*, 2016; Liao *et al.*, 2017; Ghobakhloo, 2018; Leos *et al.*, 2018). Por ello, la implementación de este tipo de tecnologías digitales en las empresas de la industria textil puede ser esencial, particularmente para tratar de entender cómo funcionan las industrias inteligentes de la segunda década del siglo XXI (Bolesnikov *et al.,* 2019; Ceipek *et al.*, 2021; Usai *et al.*, 2021), así como para ayudar a las organizaciones a lidiar con la imprevisibilidad de los negocios, reducir la complejidad de los procesos comerciales y la duración de los ciclos de innovación (Ardito *et al.*, 2018; Fareri *et al.*, 2020).

Adicionalmente, el uso y aplicación de las tecnologías digitales de la Industria 4.0, permite a las compañías textiles tener una visibilidad y un control más eficiente de su cadena de suministro, maquinaria e instalaciones mediante la integración de almacenes, operaciones industriales y optimización de procesos productivos, comúnmente llamados empresas inteligentes (Ghobakhloo, 2018; Leos *et al.*, 2018; Tseng *et al.*, 2018; Ceipek *et al.*, 2021; Usai *et al.*, 2021). Así, por ejemplo, la implementación del internet de las cosas permite a las compañías textiles mejorar sus sistemas de gestión de los cambios en la formación de valores de la ingeniería tales como el uso de tecnología convencional, ciclos de innovación, incremento en la visibilidad del mercado y una atmósfera de negocio extremadamente dinámica en la presión internacional por lograr mejores niveles de competitividad (D'Ippolito *et al.*, 2019; Ceipek *et al.*, 2021; Kumar *et al.*, 2022).

En este sentido, aun cuando la aplicación de la Industria 4.0 es relativamente reciente como una nueva forma de gestionar los procesos de manufactura en las empresas, particularmente en las empresas de la industria textil (Liao *et al.*, 2017; Ardito *et al.*, 2019), existe evidencia empírica publicada en la literatura de numerosos casos en los cuales la adopción y uso de las tecnologías digitales de la Industria 4.0, han mostrado que la relación entre productos, procesos y sistemas han creado un sistema de producción más complejo, dinámico y optimizado en tiempo real (Almada-Lobo, 2016; Lee *et al.*, 2016; Liao *et al.*, 2017), por lo cual derivado de los cambios en la configuración empresarial con la aplicación de la Industria 4.0, las compañías textiles enfrentarán cada vez más nuevos desafíos para sobrevivir y permanecer tanto en el mercado nacional como en el internacional (Fareri *et al.*, 2020).

Además, las empresas de la industria textil necesitarán, en primera instancia, la adopción de los seis principios del diseño: descentralización, virtualización, interoperabilidad, capacidad de tiempo real, modularidad y orientación al servicio para aprovechar al máximo los diversos beneficios que ofrecen las diversas tecnologías digitales (Hermann & Otto, 2015). La *descentralización* se refiere esencialmente a la habilidad que posean las empresas de la industria textil en la utilización de los sistemas ciberfísicos para mejorar sustancialmente la toma de decisiones en los sistemas y procesos de producción de la compañía (Almada-Lobo, 2016). La *virtualización* prácticamente se refiere a la creación de una unidad industrial virtual inteligente, que se genera al conectar la información de dispositivos digitales con modelos de simulación de una empresa industrial (Hermann & Otto, 2015).

La *interoperabilidad* se refiere básicamente a las capacidades de las empresas de la industria textil, de comunicación en tiempo real entre los clientes, los consumidores y las empresas inteligentes (Ghobakhloo, 2018). La *capacidad de tiempo real* es considerada esencialmente como la capacidad de las empresas de la industria textil de recolectar y analizar información en tiempo real (Ghobakhloo, 2020). La *modularidad* se refiere fundamentalmente a la habilidad de las organizaciones de la industria textil de construir una línea de producción que sea flexible, adaptable y personalizada a las necesidades y requerimiento de los clientes y consumidores (Matt *et al.*, 2016; Ghobakhloo, 2018; Leos *et al.*, 2018). Finalmente, la *orientación al servicio* se refiere elementalmente a la habilidad de las empresas de la industria textil de pronosticar, conocer y satisfacer los gustos y requerimientos de los clientes antes de que sean articuladas (Hermann & Otto, 2015; Ghobakhloo, 2018).

Bajo este contexto, el objetivo esencial de la aplicación de la Industria 4.0 es el crecimiento, una orientación en el cliente, la eficiencia, la reducción de los residuos industriales y la generación de una organización sustentable (Liao *et al.*, 2017; Müller & Voigt, 2018b; Matt & Rauch, 2020). Sin embargo, en la literatura de las ciencias empresariales la comunidad científica, académica y empresarial ha analizado y discutido muy poco la aplicación de las tecnologías digitales de la Industria 4.0 en las pequeñas y medianas compañías (Matt *et al.*, 2016; Radzi *et al.*, 2017; Leos *et al.*, 2018; Horváth & Szabó, 2019; Masood & Sonntag, 2020; Yadav *et al.*, 2020), particularmente en aquellas pequeñas y medianas compañías que pertenecen a la industria textil de México, la cual está totalmente atomizada y se encuentra dispersa en la mayoría de las entidades federativas de la República Mexicana.

Aun cuando la aplicación de las tecnologías digitales de la Industria 4.0 proporciona a las pequeñas y medianas compañías, un sistema de producción más interrelacionado y completo al conectar el mundo físico con el mundo digital

(Leos *et al.*, 2018; Matt & Rauch, 2020; Moeuf *et al.*, 2020), lo cual potencializa las actividades de colaboración de las empresas y el acceso entre personas, productos, procesos y sistemas durante la creación de valor (Rubmann *et al.*, 2015; Liao *et al.*, 2017; Ardito *et al.*, 2018), no existe claridad en los beneficios que ello genera en las organizaciones, por lo cual un elevado porcentaje de este tipo de empresas de la industria textil no están muy seguras de cuándo y de qué manera deberían comenzar con la transición para la aplicación de la Industria 4.0, y mucho menos están seguras de los riesgos que ello conlleva (Sommer, 2015).

No obstante, mientras que algunos estudios publicados en la literatura han analizado el rol de la aplicación de las tecnologías digitales en las organizaciones pequeñas y medianas, así como los beneficios que éstas proporcionan (Ganzarain & Errastil, 2016; Decker & Jorsfeldt, 2017; Radzi *et al.*, 2017; Leos *et al.*, 2018; Bolesnikov *et al.*, 2019; Horváth & Szabó, 2019; Masood & Sonntag, 2020; Moeuf *et al.*, 2020; Yadav *et al.*, 2020), son relativamente pocos los estudios que han portado evidencia teórica y empírica de los rendimientos y márgenes de utilidad asociados con la aplicación de la Industria 4.0 (Pawan *et al.*, 2022), lo cual está generando demasiadas dudas entre las pequeñas y medianas empresas, particularmente las que integran la industria textil, de los beneficios económicos y financieros que les generaría la implementación de la Industria 4.0 en la totalidad de sus actividades empresariales.

Adicionalmente, tampoco existe evidencia empírica suficiente que justifique y valide los diversos riesgos críticos que enfrentarán las pequeñas y medianas compañías textiles con la aplicación de la Industria 4.0, especialmente en los países en vías de desarrollo (Pawan *et al.*, 2022). Los escasos estudios publicados en la literatura que han analizado y discutido los riesgos asociados a la aplicación de la Industria 4.0, difieren en los resultados encontrados (Pawan *et al.*, 2022). Más específicamente, los estudios publicados en la actual literatura no han validado los resultados obtenidos en los estudios realizados sobre los principales riesgos que corren las pequeñas y medianas empresas de la industria textil con la aplicación de las tecnologías digitales de la Industria 4.0, especialmente en México.

Las pequeñas y medianas empresas de la industria textil de México tienen varias limitaciones en el acceso al capital y las tecnologías digitales, comparadas con las grandes empresas, y generalmente realizan muchos procesos productivos de manera manual (Coad & Tamvada, 2012), por lo cual sin una adecuada integración con las grandes empresas que han aplicado la Industria 4.0, las pequeñas y medianas empresas enfrentan desafíos más preocupantes como su propia sobrevivencia, particularmente en un ambiente de mercado incierto (Kamble *et al.*, 2018; Dutta *et al.*, 2020; Raj *et al.*, 2020; Snieska *et al.*, 2020). En este sentido, es inminente que las pequeñas y medianas compañías textiles de México, se tienen que preparar para la aplicación de la tecnología digital

para evitar la pérdida de la propiedad intelectual, el sabotaje de la elaboración de sus productos y los daños derivados del tiempo de inactividad (Dutta *et al.*, 2020; Raj *et al.*, 2020).

En las siguientes tablas y gráficos, se analizará la información obtenida de las compañías industriales textiles de México, con respecto al uso y aplicación de la tecnología digital de la Industria 4.0, y se comparará con la información que se tiene registrada en las páginas web de las asociaciones industriales, así como en los estudios realizados al respecto por parte de las dependencias gubernamentales y de las propias cámaras empresariales de la industria textil.

Tabla 84. Situación media de la empresa con respecto a la adopción de la Industria 4.0

Variables	*Medias*
El programa de implementación de I4.0 es lógico y realista	4.02
Los usuarios internos reciben la formación adecuada en el trabajo para aplicar los sistemas I4.0	3.98
Se brinda capacitación a los empleados sobre tecnología y procesos I4.0	3.98
El apoyo de la alta dirección en el proyecto I4.0 es alto	3.96
Los gerentes de proyectos experimentados y capaces están a cargo del equipo del proyecto I4.0	3.96
La alta dirección muestra mucho interés en el proyecto I4.0	3.92
Se aplican las herramientas y técnicas de gestión de proyectos adecuadas al adoptar el proyecto I4.0	3.92
La alta dirección revisa el progreso del proyecto I4.0 de forma regular	3.9
Se invierte tiempo y recursos en capacitar a la mano de obra para utilizar las técnicas I4.0	3.88

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

En la Tabla 84 se observa que las tres variables más importantes de las empresas con respecto a la adopción de la Industria 4.0 son *el programa de implementación de I4.0 es lógico y realista*, con una media de 4.02 en una cala de 1 = total desacuerdo a 5 = total acuerdo, seguida de la variable *los usuarios internos reciben la formación adecuada en el trabajo para aplicar los sistemas I4.0*, con un valor medio de 3.98 y en tercer lugar está la variable *se brinda capacitación a los empleados sobre tecnología y procesos I4.0*, con un valor medio de 3.98. En este sentido, tomando en cuenta la información anterior se puede concluir que la aplicación de las actividades de la Industria 4.0 en las compañías textiles de México descansa principalmente en estas tres variables.

Tabla 85. Situación media de la empresa con respecto a la adopción de la Industria 4.0, según el tamaño de la empresa

Variables	*Pequeñas Empresas*	*Medianas Empresas*	*Grandes Empresas*	*Sig.*
El apoyo de la alta dirección en el proyecto I4.0 es alto	2.75	4.10	4.04	
La alta dirección muestra mucho interés en el proyecto I4.0	3.25	4.00	3.96	
La alta dirección revisa el progreso del proyecto I4.0 de forma regular	3.50	4.00	3.87	
Se invierte tiempo y recursos en capacitar a la mano de obra para utilizar las técnicas I4.0	3.00	3.90	4.00	
Los usuarios internos reciben la formación adecuada en el trabajo para aplicar los sistemas I4.0	3.50	4.10	3.96	
Se brinda capacitación a los empleados sobre tecnología y procesos I4.0	3.00	4.10	4.04	
Se aplican las herramientas y técnicas de gestión de proyectos adecuadas al adoptar el proyecto I4.0	3.00	4.10	3.91	
Los gerentes de proyectos experimentados y capaces están a cargo del equipo del proyecto I4.0	3.25	4.05	4.00	
El programa de implementación de I4.0 es lógico y realista	3.25	4.10	4.09	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

En la Tabla 85 se indica que todas las variables tienen el mismo grado de importancia, es decir, no existen diferencias estadísticamente significativas respecto a la adopción de las actividades de la Industria 4.0 según el tamaño de las compañías textiles. De manera que, considerando la información anteriormente presentada es factible concluir que el tamaño de las compañías textiles no es factible que pueda ser considerado un factor determinante en la adopción de las actividades de la Industria 4.0.

Tabla 86. Situación media de la empresa con respecto a la adopción de la Industria 4.0, según la antigüedad de las empresas

Variables	*Empresas Jóvenes*	*Empresas Maduras*	*Sig.*
El apoyo de la alta dirección en el proyecto I4.0 es alto	3.88	4.00	
La alta dirección muestra mucho interés en el proyecto I4.0	3.75	4.00	
La alta dirección revisa el progreso del proyecto I4.0 de forma regular	3.81	3.94	
Se invierte tiempo y recursos en capacitar a la mano de obra para utilizar las técnicas I4.0	3.75	3.94	
Los usuarios internos reciben la formación adecuada en el trabajo para aplicar los sistemas I4.0	3.81	4.06	
Se brinda capacitación a los empleados sobre tecnología y procesos I4.0	3.88	4.03	
Se aplican las herramientas y técnicas de gestión de proyectos adecuadas al adoptar el proyecto I4.0	3.81	3.97	
Los gerentes de proyectos experimentados y capaces están a cargo del equipo del proyecto I4.0	3.94	3.97	
El programa de implementación de I4.0 es lógico y realista	3.94	4.06	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

La Tabla 86 indica que todas las variables que miden la adopción de las actividades de la Industria 4.0, según la antigüedad de las empresas, son consideradas con el mismo nivel de importancia, es decir, son igual de importantes para todas las compañías sin importar que sean empresa joven o empresa madura. Por lo tanto, tomando en cuenta la información presentada en líneas anteriores es factible concluir que la antigüedad de las compañías textiles no es un factor que determine la adopción de la Industria 4.0.

Tabla 87. Situación media de la empresa con respecto al uso de tecnología digital de la Industria 4.0

Variables	*Medias*
Cloud computing (almacenamiento en la nube)	4.23
Ciberseguridad	4.06
Impresión 3D	3.94
Herramientas de simulación	3.88
Manufactura aditiva	3.79

Realidad aumentada	3.77
Análisis de *big data*	3.75
Soluciones de manufactura avanzada	3.75

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

En la Tabla 87 se observa que las tres tecnologías digitales de la Industria 4.0 que más se han aplicado por parte de las compañías textiles son *cloud computing*, con un valor medio de 4.23 medida a través de una escala donde 1 = total desacuerdo a 5 = total acuerdo, en segundo lugar, se encuentra la tecnología *ciberseguridad* con un valor medio de 4.06 y de la tecnología *impresión 3D* con un valor medio de 3.94. Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible inferir que las empresas de la industria textil que han adoptado la Industria 4.0 tienen mayor uso de estas tres tecnologías digitales.

Tabla 88. Situación media de la empresa con respecto al uso de tecnología digital de la Industria 4.0, según el tamaño de la empresa

Variables	*Pequeñas Empresas*	*Medianas Empresas*	*Grandes Empresas*	*Sig.*
Cloud computing (almacenamiento en la nube)	3.50	4.38	4.22	
Ciberseguridad	3.75	4.19	4.00	
Análisis de *big data*	2.50	3.90	3.83	**
Soluciones de manufactura avanzada	3.25	3.86	3.74	
Realidad aumentada	3.75	3.81	3.74	
Manufactura aditiva	3.25	3.76	3.91	
Herramientas de simulación	3.25	3.86	4.00	
Impresión 3D	3.00	4.00	4.04	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

En la Tabla 88 se puede observar que la tecnología digital de análisis de *big data* es la tecnología que tiene el mayor grado de importancia, y es considerada como más importante para las medianas compañías que para las grandes y pequeñas compañías, con una media de 3.90, 3.83 y 2,50 respectivamente, las demás tecnologías digitales son consideradas como igual de importantes para

todas las organizaciones independientemente del tamaño que éstas tengan. Por lo cual, tomando en cuenta la información presentada con anterioridad es factible concluir que el tamaño de las compañías textiles de México, solamente determinan el uso del *big data* en la adopción de la Industria 4.0.

Tabla 89. Situación media de la empresa con respecto al uso de tecnología digital de la Industria 4.0, según la antigüedad de las empresas

Variables	*Empresas Jóvenes*	*Empresas Maduras*	*Sig.*
Cloud computing (almacenamiento en la nube)	4.13	4.28	
Ciberseguridad	3.88	4.16	
Análisis de *big data*	3.69	3.78	
Soluciones de manufactura avanzada	3.44	3.91	
Realidad aumentada	3.19	4.06	***
Manufactura aditiva	3.56	3.91	
Herramientas de simulación	3.56	4.03	
Impresión 3D	3.81	4.00	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

La Tabla 89 indica que la tecnología digital *realidad aumentada* es la más importante con respecto a la adopción de la Industria 4.0 según la antigüedad de las empresas, y es considerada como más importante para las organizaciones maduras que para las jóvenes, con 4.06 y 3.19 respectivamente. Las demás tecnologías digitales son consideradas como igual de importantes, es decir, que el tiempo que tengan las compañías textiles realizando sus actividades empresariales, no puede ser considerado como un factor determinante. Por este motivo, de acuerdo con la información obtenida es factible establecer que la antigüedad que tengan las compañías textiles de México solamente tiene influencia en la tecnología digital realidad aumentada en la adopción de la Industria 4.0.

Tabla 90. Situación media de la empresa con respecto al volumen de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*

Variables	*Medias*
El *big data* utilizado por mi empresa está creciendo rápidamente en relación con hace dos años	4.08
La gran cantidad de datos que utiliza mi empresa es tan grande que se está volviendo difícil de manejar	3.92

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

La Tabla 90 indica que *el big data utilizado por mi empresa está creciendo rápidamente en relación con hace dos años*, es considerada por los gerentes de las compañías como la variable de mayor grado de importancia, con una media de 4.08 en una cala de 1 = total desacuerdo a 5 = total acuerdo, seguida de la variable *la gran cantidad de datos que utiliza mi empresa es tan grande que se está volviendo difícil de manejar*, con un valor medio de 3.92. En este sentido, considerado la información previamente mencionada es factible concluir que el volumen de datos de la tecnología digital del análisis de *big data* descansa en estas dos variables.

Tabla 91. Situación media de la empresa con respecto al volumen de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según el tamaño de la empresa

Variables	*Pequeñas Empresas*	*Medianas Empresas*	*Grandes Empresas*	*Sig.*
El *big data* utilizado por mi empresa está creciendo rápidamente en relación con hace dos años	3.75	4.10	4.13	
La gran cantidad de datos que utiliza mi empresa es tan grande que se está volviendo difícil de manejar	3.75	3.76	4.09	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

En la Tabla 91 se puede observar que las dos variables que miden al volumen de datos de la tecnología digital de análisis de *big data* tienen el mismo grado de importancia, es decir, no existe diferencia significativa entre ellas. Por lo tanto, tomando en cuenta la información presentada en líneas anteriores es factible concluir que el tamaño de las compañías textiles no puede ser consi-

derado como un factor que determine el volumen de datos de la tecnología del análisis de *big data*.

Tabla 92. Situación media de la empresa con respecto al volumen de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según la antigüedad de las empresas

Variables	*Empresas Jóvenes*	*Empresas Maduras*	*Sig.*
El *big data* utilizado por mi empresa está creciendo rápidamente en relación con hace dos años	3.94	4.16	
La gran cantidad de datos que utiliza mi empresa es tan grande que se está volviendo difícil de manejar	3.75	4.00	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): p < 0.1; (**): p < 0.05; (***): p < 0.01.

En la Tabla 92 se observa que las dos variables que miden al volumen de datos del análisis de *big data*, según la antigüedad de las empresas de la industria textil son iguales, es decir, son consideradas como igual de importantes para todas las empresas independientemente que sea empresa joven o empresa madura. Por ello, tomando en cuenta la información presentada previamente, se puede concluir que la antigüedad de las compañías textiles de México no es un factor determinante del volumen de datos de la tecnología digital del análisis de *big data*.

Tabla 93. Situación media de la empresa con respecto a la variedad de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*

Variables	*Medias*
Los macrodatos que utiliza mi empresa proceden de diversas fuentes	4.02
El *big data* utilizado por mi empresa está bien estructurado, es decir, está bien definido o presentado en tablas	3.92

Diferencias estadísticamente significativas: (*): p < 0.1; (**): p < 0.05; (***): p < 0.01.

La Tabla 93 indica que *los macrodatos que utiliza mi empresa proceden de diversas fuentes*, es considerada por las organizaciones como la variable de mayo grado de importancia, con un valor medio de 4.02 medida mediante una escala donde 1 = total desacuerdo a 5 = total acuerdo, seguida de la variable *el big data utilizado por mi empresa está bien estructurado, es decir, está bien definido o presentado en tablas*, con una media de 3.92. De modo que, de acuerdo con la

información obtenida es posible deducir que la variedad de datos de la tecnología digital del análisis de *big data* descansa prácticamente en estas dos variables.

Tabla 94. Situación media de la empresa con respecto a la variedad de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según el tamaño de la empresa

Variables	*Pequeñas Empresas*	*Medianas Empresas*	*Grandes Empresas*	*Sig.*
Los macrodatos que utiliza mi empresa proceden de diversas fuentes	3.75	3.90	4.17	
El *big data* utilizado por mi empresa está bien estructurado, es decir, está bien definido o presentado en tablas	3.50	3.81	4.09	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): p < 0.1; (**): p < 0.05; (***): p < 0.01.

La Tabla 94 muestra que las dos variables que miden a la variedad de datos del análisis de *big data*, según el tamaño de las empresas de la industria textil son iguales, en otras palabras, tienen el mismo grado de importancia para todas las empresas independientemente del tamaño de éstas. Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible inferir que el tamaño que tengan las compañías textiles de México no es un factor que determine el uso de la variedad de datos de la tecnología digital del análisis de *big data*.

Tabla 95. Situación media de la empresa con respecto a la variedad de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según la antigüedad de las empresas

Variables	*Empresas Jóvenes*	*Empresas Maduras*	*Sig.*
Los macrodatos que utiliza mi empresa proceden de diversas fuentes	3.81	4.13	
El *big data* utilizado por mi empresa está bien estructurado, es decir, está bien definido o presentado en tablas	3.75	4.00	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): p < 0.1; (**): p < 0.05; (***): p < 0.01.

La Tabla 95 indica que las dos variables que miden a la variedad de datos del análisis de *big data*, según la antigüedad de las compañías textiles son iguales, en otros términos, no existen diferencias significativas, por lo cual son consideradas como igual de importantes para todas las organizaciones independientemente que sea empresa joven o empresa madura. Por tal motivo, de acuerdo con la información obtenida es factible establecer que el tiempo que tengan las compañías textiles de México realizando sus actividades empre-

sariales, no puede ser considerado como un factor determinante del uso de la variedad de datos de la tecnología digital del análisis de *big data*.

Tabla 96. Situación media de la empresa con respecto a la velocidad de obtención de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*

Variables	*Medias*
El *big data* utilizado por mi empresa incluye una cantidad significativa de datos en tiempo real	3.94
El *big data* utilizado por mi empresa se actualiza con una frecuencia que hace difícil su análisis instantáneo	3.83

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

La Tabla 96 muestra que *el big data utilizado por mi empresa incluye una cantidad significativa de datos en tiempo real*, es considerada por los gerentes de las organizaciones como la de mayor nivel de importancia, con un valor de 3.94 medida a través de una escala donde 1 = total desacuerdo a 5 = total acuerdo, seguida de la variable *el big data utilizado por mi empresa se actualiza con una frecuencia que hace difícil su análisis instantáneo*, con una media de 3.83. De suerte que, de acuerdo con la información obtenida es posible inferir que la velocidad de obtención de datos de la tecnología digital del análisis de *big data* descansa básicamente en estas dos variables.

Tabla 97. Situación media de la empresa con respecto a la velocidad de obtención de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según el tamaño de la empresa

Variables	*Pequeñas Empresas*	*Medianas Empresas*	*Grandes Empresas*	*Sig.*
El *big data* utilizado por mi empresa incluye una cantidad significativa de datos en tiempo real	3.25	3.86	4.13	
El *big data* utilizado por mi empresa se actualiza con una frecuencia que hace difícil su análisis instantáneo	3.50	3.76	3.96	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

La Tabla 97 muestra que las dos variables que integran a la velocidad de obtención de datos del análisis de *big data*, según el tamaño de las compañías textiles son consideradas con el mismo grado de importancia para todas las organizaciones independientemente del tamaño que tengan éstas. Por lo tanto, tomando en cuenta la información previamente presentada es factible concluir que el tamaño de las compañías textiles de México no puede ser considerado

como un factor que determine el uso o no de la velocidad de obtención de datos de la tecnología digital del análisis de *big data*.

Tabla 98. Situación media de la empresa con respecto a la velocidad de obtención de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según la antigüedad de las empresas

Variables	*Empresas Jóvenes*	*Empresas Maduras*	*Sig.*
El *big data* utilizado por mi empresa incluye una cantidad significativa de datos en tiempo real	3.88	3.97	
El *big data* utilizado por mi empresa se actualiza con una frecuencia que hace difícil su análisis instantáneo	3.63	3.94	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

En la Tabla 98 es posible observar que las dos variables que integran a la velocidad de obtención de datos del análisis de *big data*, según la antigüedad de las empresas son iguales, es decir, no existen diferencias significativas, por lo cual son consideradas como igual de importantes para todas las organizaciones independientemente que sea empresa joven o empresa madura. De manera que, de acuerdo con la información obtenida se puede establecer que la antigüedad que tengan las compañías textiles de México no puede ser considerado como un factor que determine el uso o no de la velocidad de obtención de datos de la tecnología digital del análisis de *big data*.

Tabla 99. Situación media de la empresa con respecto al valor y rentabilidad de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*

Variables	*Medias*
El *big data* que utiliza mi empresa es utilizado correctamente y beneficia a la organización	4.04
En general, los macrodatos utilizados por mi empresa representan una buena relación calidad-precio	3.98
Los macrodatos que utiliza mi empresa son costosos de procesar	3.94
El *big data* que utiliza mi empresa es costoso de obtener	3.88

Diferencias estadísticamente significativas: (*): p < 0.1; (**): p < 0.05; (***): p < 0.01.

En la Tabla 99 se observa que *el big data que utiliza mi empresa es utilizado correctamente y beneficia a la organización*, es considerada por las organizaciones como la variable de mayor nivel de importancia, con un valor medio de 4.04 medida mediante una escala donde 1 = total desacuerdo a 5 = total acuerdo, en segundo lugar está la variable *en general, los macrodatos utilizados por mi empresa representan una buena relación calidad-precio*, con un valor medio de 3.98 y, *los macrodatos que utiliza mi empresa son costosos de procesar*, son considerados como la tercer variable en orden de importancia con un valor medio de 3.94. Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible suponer que el valor y rentabilidad de los datos de la tecnología digital del análisis de *big data* depende de estas tres variables.

Tabla 100. Situación media de la empresa con respecto al valor y rentabilidad de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según el tamaño de la empresa

Variables	*Pequeñas Empresas*	*Medianas Empresas*	*Grandes Empresas*	*Sig.*
El *big data* que utiliza mi empresa es utilizado correctamente y beneficia a la organización	3.25	4.10	4.13	
El *big data* que utiliza mi empresa es costoso de obtener	3.50	3.76	4.04	*
Los macrodatos que utiliza mi empresa son costosos de procesar	3.75	3.86	4.04	
En general, los macrodatos utilizados por mi empresa representan una buena relación calidad-precio	3.25	4.00	4.09	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): p < 0.1; (**): p < 0.05; (***): p < 0.01.

La Tabla 100 muestra que *el big data que utiliza mi empresa es costoso de obtener*, es considerada por los gerentes de las organizaciones como la variable de mayor grado de importancia, y tiene mayor importancia para las grandes

compañías que para las medianas y pequeñas compañías, con valor medio de 4.04, 3.76 y 3.50 respectivamente, las demás variables son consideradas como igual de importantes, es decir, no existe diferencia estadísticamente significativa, en otras palaras, estas variables son consideradas como las más importantes para todas las organizaciones independientemente del tamaño de la compañía textil. Por lo tanto, de acuerdo con la información obtenida es posible inferir que el valor y rentabilidad de datos de la tecnología digital del análisis de *big data* de las compañías textiles de México difiere prácticamente en la variable significativa.

Tabla 101. Situación media de la empresa con respecto al valor y rentabilidad de datos de la tecnología digital de análisis de *big data*, según la antigüedad de las empresas

Variables	*Empresas Jóvenes*	*Empresas Maduras*	*Sig.*
El *big data* que utiliza mi empresa es utilizado correctamente y beneficia a la organización	3.94	4.09	
El *big data* que utiliza mi empresa es costoso de obtener	3.56	4.03	*
Los macrodatos que utiliza mi empresa son costosos de procesar	3.63	4.09	*
En general, los macrodatos utilizados por mi empresa representan una buena relación calidad-precio	3.94	4.00	

[a] En una escala de 1 = Total Desacuerdo a 5 = Total Acuerdo

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

En la Tabla 101 se puede observar que *los macrodatos que utiliza mi empresa son costosos de procesar*, es considerada como la variable de mayor grado de importancia y tiene mayor importancia para las organizaciones maduras que para las organizaciones jóvenes, con un valor medio de 4.09 y 3.63 respectivamente, seguida de la variable *el big data que utiliza mi empresa es costo de obtener*, y también es considerada como la más importante para las compañías maduras que para las compañías jóvenes, con un valor medio de 4.03 y 3.56 respectivamente. Por esa razón, tomando en cuenta la información presentada en líneas anteriores es factible concluir que el tiempo que tengan las compañías textiles de México realizando sus actividades industriales, sí influye en el valor y rentabilidad de datos.

Una vez que se ha analizado la información obtenida directamente de las compañías textiles de México mediante la aplicación de una encuesta, ahora es importante analizar la información que se presenta en las distintas fuentes de información oficiales y de la propia industria textil, sobre el uso y aplicación de las distintas tecnologías digitales de la Industria 4.0, con la finalidad de co-

rroborar la información que proporcionaron directamente los directivos en la encuesta aplicada. En este sentido, en los diversos gráficos que se presentarán a continuación se expondrá el nivel de aplicación de la Industria 4.0 en las compañías textiles, analizando la información de manera general y no particularizando en ninguna empresa en especial.

Gráfico 80. Composición del PIB de la industria textil en México (Primer semestre de 2022)



Fuente: Canaitex (2022).

El Gráfico 80 muestra la composición del PIB de la industria textil de México, y se observa que la fabricación de prendas de vestir aportó el 59% del total del PIB de la industria, mientras que la fabricación de insumos y acabados textiles aportaron el 28% del PIB de la industria, y la producción de los diversos productos de la industria textil, sin considerar las prendas de vestir, aportaron el 13% del PIB de la industria textil. Por lo tanto, de acuerdo con la información obtenida es posible concluir que la producción de prendas de vestir es la actividad que tiene el mayor porcentaje de aportación al PIB de la industria, ya que porta cerca de 6 de cada 10 pesos que generan las compañías textiles.

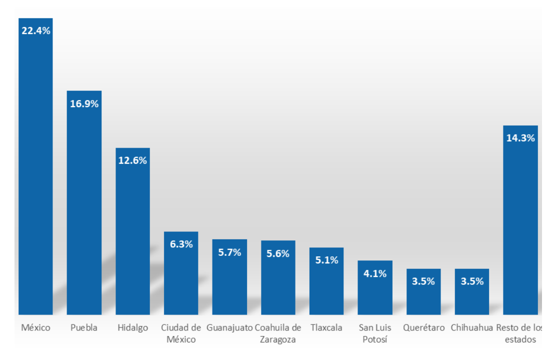
Gráfico 81. Aportación de la industria textil al PIB de México

3.2%
El PIB de la Industria textil y de la confección aportó
85.7%
Diez entidades federativas concentraron la producción de la Industria textil
78.9%
La industria de la confección

Fuente: Canaitex (2022).

En el Gráfico 81 se observa que la totalidad de las empresas que integran la industria textil aportaron el 3.2% del PIB nacional durante el 2021, mientras que diez entidades federativas que concentraron la producción de la industria textil durante el 2021 participaron con un porcentaje de 85.7% del total del PIB del sector textil y, finalmente, las empresas del sector de la confección participaron con un porcentaje de 78.9% del total del PIB de la industria textil. Por lo que, de acuerdo con los resultados encontrados es posible suponer que 3 de cada 10 pesos generados en la economía de México durante el 2021 correspondieron al sector textil y, dentro de la industria textil, la confección de prendas de vestir es la actividad que aportaron 8 de cada 10 pesos generados por las empresas de la industria textil.

Gráfico 82. Estados con mayor producción de la industria textil en México



Fuente: INEGI (2022).

El Gráfico 82 muestra que el Estado de México es el estado con el mayor nivel de producción de la industria textil en México, ya que durante el año 2021 registró un nivel de producción del 22.4% del volumen total, seguido de Puebla el cual registró un 16.9% del volumen total de producción, Hidalgo ocupó el tercer lugar con una producción del 12.6%, Ciudad de México fue el cuarto lugar con una producción del 6.3% y, en quinto lugar, se encuentra Guanajuato con un volumen de producción del 5.7% de total de la producción de la industria textil. Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible inferir que la producción de la industria textil se concentra básicamente en cinco estados del país.

Gráfico 83. Municipios con mayor producción de la industria textil en México

Fuente: INEGI (2022).

El Gráfico 83 indica los principales municipios que mayor producción de la industria textil en México, y se puede observar que Tepeji del Río de Ocampo, Hidalgo, registró el mayor nivel de producción con un 10.8% del volumen total, seguido del municipio de Puebla con un nivel de producción del 7.4% del volumen total, mientras que en tercer lugar se encuentra el municipio de Tlanepantla de Baz con un nivel de producción del 5.5%, en cuarto lugar se encuentra el municipio de Huejotzingo, Puebla, con un nivel de producción del 4.1% del volumen total y, finalmente en quinto lugar, se encuentra el municipio de San Luis Potosí con un nivel de producción del 4.1% del volumen total de la industria textil. Por este motivo, de acuerdo con la información obtenida es posible deducir que estos cinco municipios concentran el mayor nivel de producción de la industria textil en México.

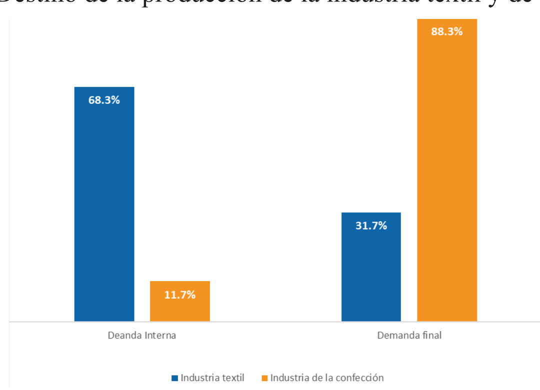
Gráfico 84. Principales productos de la industria textil y de la confección

13.2% Pantalones para caballero
6.8% Playeras para caballero de tejido de punto
6.1% Playeras de tela de punto
3.7% Pantalones para dama
3.5% Trajes para caballero
3.5% Blusas para dama
3.2% Playeras deportivas
3.0% Pantaletas y similares de algodón
57.0% Resto de productos

Fuente: INEGI (2022).

El Gráfico 84 indica los principales productos de la industria textil y de la confección en el 2021, y se observa que la actividad *pantalones para caballero* registró el mayor porcentaje de producción con un 13.2% del volumen total, seguida de la actividad *playeras para caballero de tejido de punto* con un porcentaje de producción del 6.8% y, en tercer lugar, se encuentra la actividad *playera de tela de punto* la cual registró un porcentaje del 6.1% del volumen total de producción de la industria textil. Por lo tanto, de acuerdo con la información obtenida es posible concluir que estas tres principales actividades de la industria textil de México son las que aportan el mayor volumen de producción de la industria textil.

Gráfico 85. Destino de la producción de la industria textil y de la confección



Fuente: INEGI (2022).

En el Gráfico 85 se pueden observar los principales destinos de la producción de la industria textil y de la confección de México, y se puede observar que la industria textil cubre el 68.3% de la demanda interna del país y el 31.7% de la demanda externa o final, mientras que la industria de la confección cubrió el 11.7% de la demanda interna del país y 88.3% de la demanda externa o final. De modo que, de acuerdo con la información obtenida solamente cerca del 32% del volumen total de la producción de la industria textil se dedica a la demanda externa, mientras que el 88% de la producción de la industria de la confección tiene como destino la demanda externa.

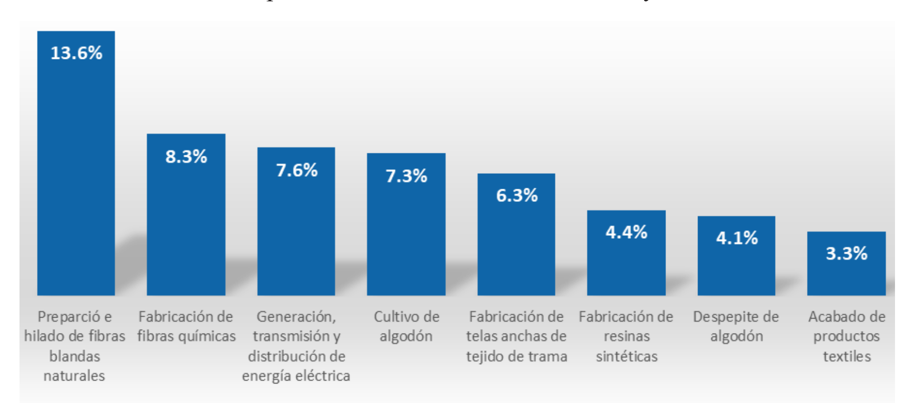
Gráfico 86. Porcentaje total de insumos de la industria textil y de la confección

	Nacionales	Importados
	57.9%	42.1%

Fuente: INEGI (2022).

El Gráfico 86 indica el total de insumos de la industria textil y de la confección de México, y se observa que el 57.9% de los insumos fueron adquiridos en el mercado nacional, mientras que el 42.1% restante les corresponde a los insumos importados. Por lo tanto, de acuerdo con la información obtenida se puede suponer que el 42% del total de los insumos y materias primas que requieren las compañías textiles y de la confección de México provienen de otros países, es decir, se tienen que importar porque en el país no se producen posiblemente por la falta de tecnología o por los costos que ello representa.

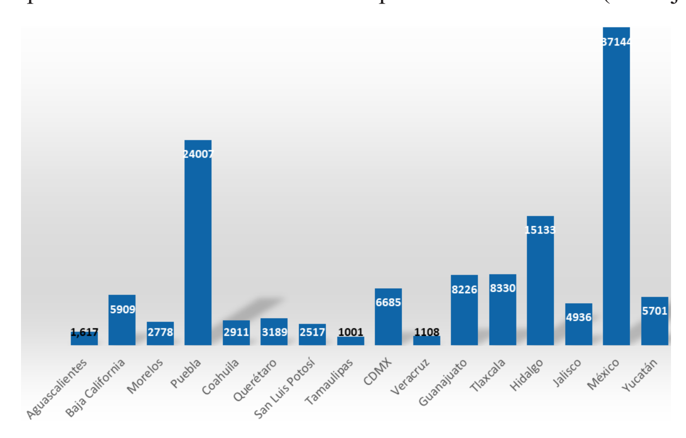
Gráfico 87. Principales insumos de la industria textil y de la confección



Fuente: INEGI (2022).

En el Gráfico 87 se muestran los principales proveedores de insumos de la industria textil y de la confección de México, y es posible observar que la *preparación e hilado de fibras blandas naturales* son los principales insumos que requieren las empresas al registrar un porcentaje del 13.6%, seguido de los insumos para la *fabricación de fibras químicas* con un porcentaje del 8.3%, en tercer lugar se encuentran los insumos de *generación transmisión y distribución de energía eléctrica* con el 7.6%, en cuarto lugar está el *cultivo de algodón* con el 7.3% y, finalmente, se encuentran los insumos de *fabricación de telas anchas de tejido de trama* con un porcentaje del 6.3%. De manera que, de acuerdo con la información obtenida es posible inferir que, los insumos y materias primas que requieren las compañías textiles y de la confección de México, dependen esencialmente de estos cinco principales insumos.

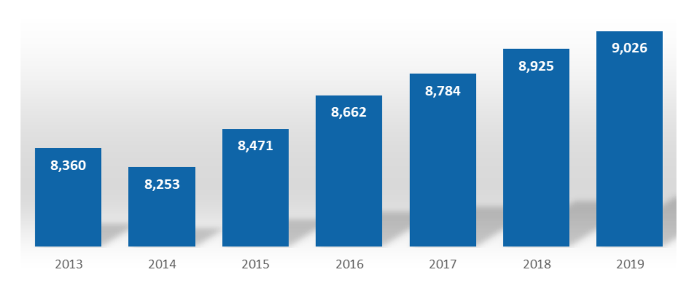
Gráfico 88. Empleos formales de la industria textil por entidad federativa (enero-junio de 2022)



Fuente: Canaitex (2022).

El Gráfico 88 muestra los empleos formales de la industria textil de la confección de México durante el primer semestre del 2022, y se observa que el Estado de México se concentra la mayor cantidad de empleos al registrar 37,144 empleos, seguido del estado de Puebla el cual registró una cantidad total de 24,007 empleos y del estado de Hidalgo quien registró una cantidad total de 15,133 empleos. Por tal motivo, de acuerdo con la información obtenida es posible deducir que estas tres entidades federativas son consideradas como los lugares donde se ha generado el mayor porcentaje de empleos formales de las compañías industriales textiles y de la confección.

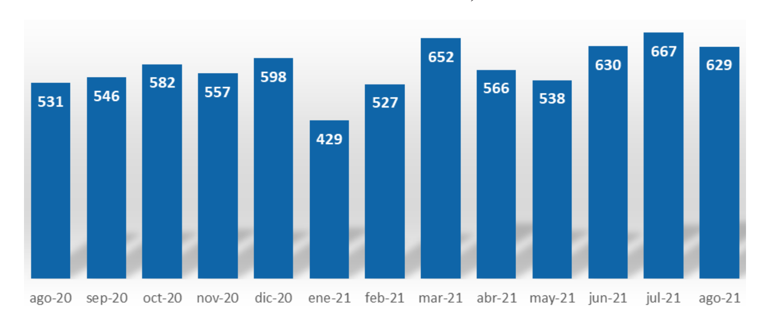
Gráfico 89. Remuneraciones por persona de la industria textil y de la confección(Promedio de pesos mensuales)



Fuente: INEGI (2022).

El Gráfico 89 indica las remuneraciones por persona registrados en las compañías textiles y de la confección de México, y se observa una tendencia creciente en las remuneraciones por persona hasta lograr una remuneración de 9,026 pesos mensuales constantes por persona durante el año 2019, logrando un aumento de 101 pesos con respecto a las remuneraciones por persona registradas durante al año 2018 las cuales ascendieron a un total de 8,925 pesos constantes, mientras que el incremento de las remuneraciones por persona fue de 242 pesos con respecto a las registradas en el año 2017, las cuales fueron de 8,784 pesos constantes mensuales por persona. Por lo que, de acuerdo con la información obtenida es posible concluir que las remuneraciones mensuales por persona en las compañías textiles y de la confección en México, son una de las más bajas de la industria manufacturera.

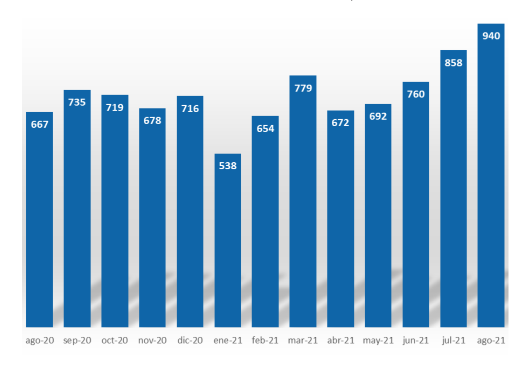
Gráfico 90. Exportaciones de la industria textil y de la confección agosto 2020-2021 (Millones de dólares)



Fuente: Canaitex (2021).

En el Gráfico 90 se muestran las exportaciones realizadas por las compañías textiles y de la confección en el período agosto 2020-2021, y es observa el registro de un aumento en los niveles de exportación en el segundo semestre del año 2020, mientras que durante el 2021 en los primeros tres meses se registró un incremento y en los siguientes tres meses una reducción en los niveles de exportación, para lograr durante el mes de agosto del año 2021 un monto total de exportación de 629 millones de dólares, 38 millones de dólares menos que la cantidad registrada en el mes de julio del mimo año, el cual ascendió a 667 millones de dólares. Por lo tanto, de acuerdo con la información obtenida es posible suponer que existe la posibilidad de que en el segundo semestre del 2021 las exportaciones se hayan incrementado en un nivel mayor al registrado durante el año 2020.

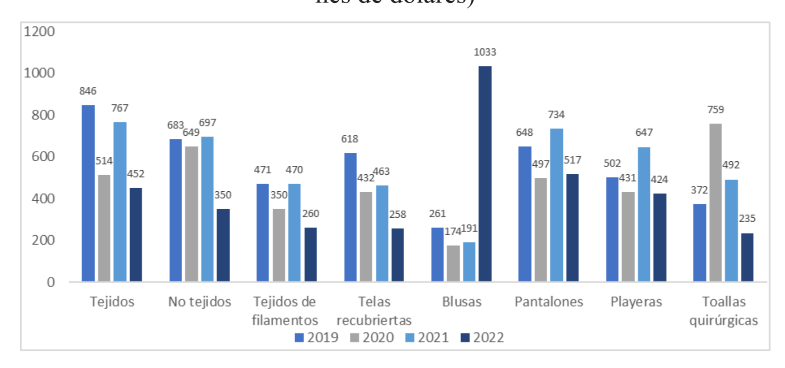
Gráfico 91. Importaciones de la industria textil y de la confección agosto 2020-2021 (Millones de dólares)



Fuente: Canaitex (2021).

En el Gráfico 91 se muestran las importaciones realizadas por las compañías textiles y de la confección de México en el período agosto 2020-2021, y se puede observar una tendencia decreciente en el segundo semestre del año 2020, pero también una tendencia creciente en los últimos 5 meses del año 2021, al pasar de 672 millones de dólares registrados en abril a 940 millones de dólares alcanzados en agosto del 2021. Por lo tanto, de acuerdo con la información obtenida es posible inferir la posibilidad de lograr un crecimiento significativo de las importaciones de productos de las compañías textiles y de la confección durante los próximos meses.

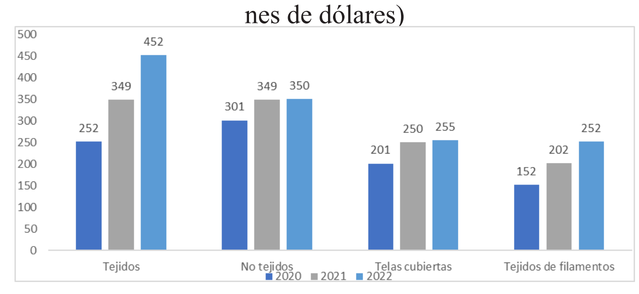
Gráfico 92. Importaciones de la industria textil y de la confección por productos (Millones de dólares)



Fuente: Canaitex (2022).

En el Gráfico 92 se muestran las importaciones realizadas por las compañías textiles y de la confección de sus principales productos, y se indica el registro de una reducción en el nivel de las importaciones de los principales productos durante los años 2019 y 2020, pero a partir del 2021 se muestra un aumento en el nivel de importación, incluso se espera que para finales del 2022 se superen los niveles de importación registrados en el 2019. Así, por ejemplo, en las importaciones de blusas en el primer semestre del 2022 se ha registrado un volumen de importación de 1,033 millones de dólares, una cantidad totalmente superior a las registradas en los tres años anteriores. Por ello, de acuerdo con la información obtenida es posible deducir que la tendencia en los niveles de importación de los principales productos de las compañías textiles y de la confección en México registrará un crecimiento.

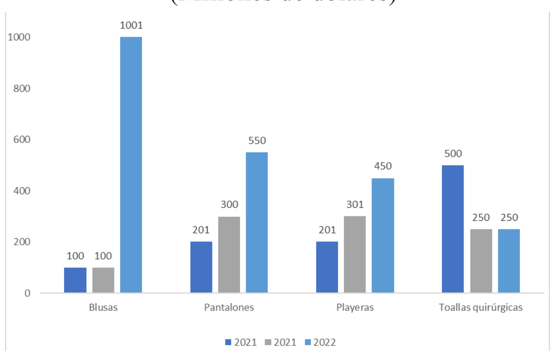
Gráfico 93. Principales productos textiles importados primer semestre 2020-2022 (Millones de dólares)



Fuente: Canaitex (2022).

El Gráfico 93 indica los principales productos de la industria textil importados en el primer semestre de los años 2020-2022, y se puede observar que los tejidos tienen una tendencia al incrementarse de 252 millones de dólares en 2019 a 452 millones de dólares en el 2022, los productos no tejidos también siguieron la misma tendencia al aumentar de 301 millones de dólares en 2019 a 350 millones de dólares en el 2022, las importaciones de telas cubiertas pasaron de un volumen de 201 millones de dólares en 2019 a 255 millones de dólares en 2022, al igual que las importaciones de tejidos de filamentos al incrementarse de 152 millones de dólares en el 2019 a 252 millones de dólares en el 2022. Por lo tanto, de acuerdo con la información obtenida es posible concluir que existe una elevada probabilidad de que se registre un incremento significativo en el nivel de importación de los principales productos de la industria textil en México.

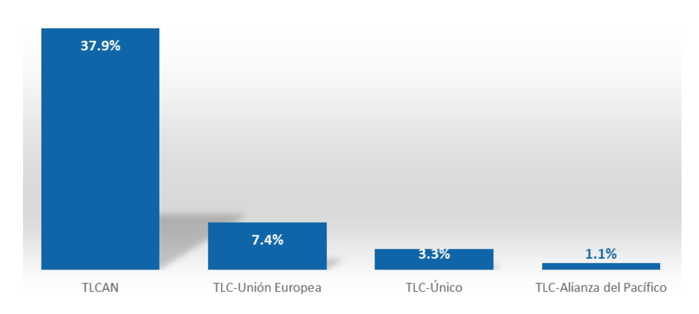
Gráfico 94. Principales productos confeccionados importados primer semestre 2021-2022 (Millones de dólares)



Fuente: Canaitex (2022).

En el Gráfico 94 se muestran los principales productos confeccionados importados durante el primer semestre de 2021-2022, y se puede observar que una tendencia creciente en los niveles de importación de blusas, pantalones y playeras, particularmente en las blusas al pasar de 100 millones de dólares en importaciones en los años 2019 y 2020, a 1,001 millones de dólares en el 2022, pero también existe una disminución en las importaciones de toallas quirúrgicas al incrementarse de 500 millones de dólares en importaciones en 2019 a 250 millones de dólares en el 2022. Por lo que, de acuerdo con la información obtenida es posible suponer la existencia de un incremento importante en los volúmenes de importación.

Gráfico 95. Importaciones de la industria textil y de la confección por tratados comerciales



Fuente: INEGI (2022).

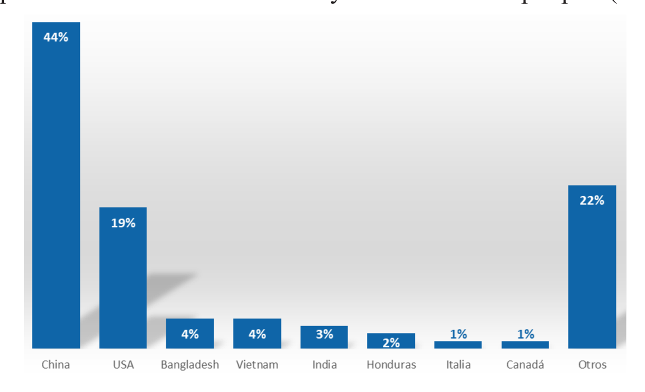
En el Gráfico 95 se observan las importaciones de las empresas textiles y de la confección considerando los tratados comerciales que México tiene durante el año 2021, y es posible observar que el TLCAN tiene un porcentaje elevado de importaciones de productos con un 37.9%, seguido de TLC Unión Europea con un volumen de importación del 7.4%, en tercer lugar se encuentra el TLC Único con un volumen de importación del 3.3% y, finalmente, en cuarto lugar está el TLC Alianza del Pacífico con un volumen total de importaciones del 1.1%. De modo que, de acuerdo con la información obtenida es posible inferir que cuatro de cada diez productos de importación de las empresas textiles y de la confección en México, provienen en su mayoría del TLCAN (Estados Unidos y Canadá), el cual representa el principal mercado de la importación de productos para las compañías textiles y de la confección de México.

Gráfico 96. Importaciones de la industria textil y de la confección por principal país

Fuente: Canaitex (2022).

En el Gráfico 96 se muestran las importaciones de las compañías textiles y de la confección de México por principal país, y se observa que Estados Unidos representa el principal país de importación de productos y materias primas de la industria textil, al aportar el 43% del volumen total de las importaciones nacionales, mientras que China se ha afianzado como el principal país de importación de productos y materias primas de la industria de la confección, al registrar un volumen total de importación del 53%, pero también se observa en el mismo gráfico que tanto Estados Unidos como China son los principales socios comerciales de las compañías textiles y de la confección de México, particularmente porque de estos dos países se importó un volumen total del 64% de los productos y materias primas de la industria.

Gráfico 97. Importaciones de la industria textil y de la confección por país (enero-junio 2022)



Fuente: Canaitex (2022).

En el Gráfico 97 se observan las importaciones de las empresas textiles y de la confección de México por país de origen durante el semestre enero-junio de 2022, y se observa que China representa el principal país proveedor de productos y materias primas de la industria, al registrar un volumen total de importaciones de 44%, mientras que Estados Unidos representa el segundo principal país proveedor de productos y materias primas de la industrial registrar el 19%, y Bangladesh es el tercer principal país proveedor de productos y materias primas al importarse de ese país el 4% del volumen total de las compañías textiles y de la confección. De tal suerte que, de acuerdo con la información obtenida es posible deducir que cerca de siete de cada diez productos y materias primas que se importan de las compañías textiles y de la confección provienen de estos países.

En conclusión, es posible establecer que son escasas las organizaciones de la industria textil y de la confección asentadas en México, que han adoptado e implementado las tecnologías digitales de la Industria 4.0, básicamente son algunas de las grandes empresas manufactureras y algunas medianas empresas las que han adoptado a la Industria 4.0 en sus actividades industriales, ya que prácticamente las pequeñas empresas, que son un poco más del 99% de las organizaciones de la industria textil y de la confección en México, no tienen la capacidad ni los recursos humanos, económicos y financieros para la aplicación de la Industria 4.0. Por lo tanto, solamente las grandes compañías nacionales y trasnacionales textiles y de la confección, son las que en mayor medida han aplicado la Industria 4.0, pero es en el sector industrial que en menor medida se han adoptado e implementado las tecnologías digitales que integran la Industria 4.0, particularmente porque es la industria manufacturera más atomizada de México y la más tradicional.

Factores Clave de Éxito de la Aplicación de la Industria 4.0

en las Empresas Manufactureras de México

La comunidad científica, académica y empresarial ha reconocido en la actual literatura que las nuevas tecnologías digitales que integran la Industria 4.0, juegan un papel esencial para enfrentar los desafíos económicos y sociales que enfrenta el mundo actual, particularmente porque la Industria 4.0 ha ampliado la tendencia hacia la automatización de los sistemas de producción y el intercambio de datos mediante el uso de diversas tecnologías digitales, en una amplia gama de empresas manufactureras de todos los tamaños y sectores, tanto de México como de cualquier otro país del orbe. En este sentido, el objetivo esencial de la Industria 4.0 es la creación de un sistema

de producción totalmente interconectado, donde las máquinas estén equipadas con una conectividad inalámbrica, dispositivos y sensores que le permitan monitorear y ver todo el proceso de producción y tomar decisiones autónomas.

Adicionalmente, el origen de la Industria 4.0 se encuentra en Alemania, donde inició con la implementación de procesos de producción inteligentes, los cuales fueron adoptados en una diversidad de empresas manufactureras de distintos países alrededor del mundo. Hoy en día, distintos países se han sumado a uso y aplicación de la Industria 4.0 con distintos nombres como "producción inteligente" en Estados Unidos de América, "hecho en China 2025" en China, el "futuro de la producción" en Reino Unido", "Centro de Producción Avanzada, Inteligente y de Transformación Rápida (SMARTH)-Udyon Bharat" en la India, entre otros. Para el caso de México hasta el momento no se cuenta con ninguna nomenclatura, dado que existe una total desconexión entre la Administración pública federal y el sector empresarial.

En los apartados anteriores se analizó lo más detallado posible, hasta donde nos lo permitió la información obtenida, el uso de las tecnologías digitales, en cada uno de los cinco sectores más importantes de la industria manufacturera de México. Sin embargo, es demasiado complicado realizar un análisis detallado de cuáles pudieran ser los factores del éxito en el uso y aplicación de las tecnologías digitales la Industria 4.0 en cada uno de los cinco sectores de la industria manufacturera, y aún es más complicada la realización de un análisis comparativo de los principales factores de éxito de la aplicación de la Industria 4.0 entre los cinco sectores, de tal manera que nos pueda dar indicios de cuál o cuáles sectores de la industria manufacturera de México, han logrado una mejor aplicación de las tecnologías digitales y, por ello, han logrado mejores beneficios económicos y sustentables.

Con la finalidad de que los lectores tengan un panorama del nivel de aplicación de la Industria 4.0 entre los cinco sectores más importantes de la industria manufacturera de México, se tratará de identificar cuáles son los factores clave de éxito de la aplicación de las tecnologías digitales de la Industria 4.0 en las empresas de la industria manufacturera, mediante la realización de un análisis comparativo entre los cinco sectores de la industria manufacturera. En este sentido, se analizarán las ocho tecnologías digitales que integran la Industria 4.0 de manera agregada y desagregada en cada uno de los cinco sectores de las empresas de la industria manufacturera, mediante la utilización de tablas de contingencia para la agregación de las tecnologías digitales, y de tablas ANOVA para la desagregación de las tecnologías digitales. En las tablas siguientes se presenta la información abregada y desagregada que se encontró en el análisis de la información.

Tabla 102. Implementación de la Industria 4.0

Tecnología digital	*Industria manufacturera*				
	Metalmecánica	*Automotriz*	*Aeronáutica*	*Química*	*Textil*
La implementación de la Industria 4.0 es realista	20.4%	26.3%	21.1%	16.4%	15.8%
Tamaño de la empresa					
Pequeñas empresas	8.1%	3.8%	7.8%	6.0%	8.3%
Medianas empresas	53.2%	31.2%	60.9%	40.0%	43.8%
Grandes empresas	38.7%	65.0%	31.3%	54.0%	47.9%
Total	100%	100%	100%	100%	100%
Antigüedad de las empresas					
Empresas jóvenes	38.7%	46.3%	18.8%	42.0%	33.3%
Empresas maduras	61.3%	53.7%	81.2%	58.0%	66.7%
Total	100%	100%	100%	100%	100%
Tipo de empresa					
Familiares	32.3%	53.8%	31.3%	24.0%	41.7%
No familiares	67.7%	46.2%	68.2%	76.0%	58.3%
Total	100%	100%	100%	100%	100%

La Tabla 102 muestra el uso y aplicación de las tecnologías digitales de la Industria 4.0 en las empresas manufactureras de México, y se puede observar que el sector automotriz es la industria manufacturera que actualmente está utilizando más la Industria 4.0 con el 26.3% del total de las empresas que integran este sector, lo cual permite establecer que solamente 3 de cada 10 organizaciones empresariales de la industria automotriz están aplicando en su totalidad las tecnologías digitales. El sector aeronáutico es la industria que en segundo lugar más se está aplicando la Industria 4.0 en México con un 21.2% del total de las empresas, seguido del sector metalmecánico con un 20.4% del total de las empresas, en cuarto lugar, se encuentra el sector de la química con un 16.4% del total de las empresas y, en quinto lugar, está el sector textil con un 15.8% del total de las organizaciones.

Las empresas manufactureras automotrices son el sector donde más se está utilizando y aplicando actualmente la Industria 4.0 en México, pero si consideramos que varias empresas de la industria metalmecánica pertenecen también a la industria automotriz, al producir autopartes para vehículos nuevos y usados, entonces, sin lugar a dudas que el 26.3% sería mucho mayor, posiblemente un poco más del 30% del total de las empresas del sector, ya que en los estados de la República Mexicana donde se aplicó la encuesta se concentra la mayoría de las compañías automotrices, considerándose como la principal industria del país. Además, tam-

bién se aprecia en la misma tabla las principales características de las empresas manufactureras que aplican actualmente las tecnologías digitales, en referencia al tamaño de las empresas, su antigüedad y el tipo de empresas.

En referencia a las compañías industriales automotrices, es posible establecer que la adopción de la Industria 4.0 se concentra prácticamente en:

- Las grandes empresas (más de 250 trabajadores)
- Ser empresas maduras (mayores a 10 años en el mercado)
- Ser empresas familiares (más del 50% del capital de la empresa corresponde a una sola familia).

Con respecto a las organizaciones aeronáuticas, es posible establecer que la aplicación de la Industria 4.0 se caracteriza esencialmente en:

- Las medianas empresas (entre 51 y 250 trabajadores)
- Ser empresas maduras (mayores a 10 años en el mercado)
- Ser empresas no familiares (más del 50% del capital de la empresa no corresponde a una sola familia).

En cuanto a las empresas manufactureras de la industria metalmecánica, es posible establecer que el uso y adopción de la Industria 4.0 se caracteriza básicamente en:

- Las medianas empresas (entre 51 y 250 trabajadores)
- Ser empresas maduras (mayores a 10 años en el mercado)
- Ser empresas no familiares (más del 50% del capital de la empresa no corresponde a una sola familia).

En relación con las compañías de la industria química, es posible establecer que la aplicación de la Industria 4.0 se caracteriza fundamentalmente en:

- Las grandes empresas (más de 250 trabajadores)
- Ser empresas maduras (mayores a 10 años en el mercado)
- Ser empresas no familiares (más del 50% del capital de la empresa no corresponde a una sola familia).

Finalmente, en lo que respecta a las empresas manufactureras de la industria textil, es posible establecer que el uso y adopción de la Industria 4.0 se caracteriza, esencialmente en:

- Las grandes empresas (más de 250 trabajadores)
- Ser empresas maduras (mayores a 10 años en el mercado)
- Ser empresas no familiares (más del 50% del capital de la empresa no corresponde a una sola familia).

La información presentada anteriormente permite llegar a la conclusión que las compañías automotrices son el sector que más está aplicando actualmente las tecnologías digitales de la Industria 4.0 en su máxima expresión, aunque existen algunas empresas más que también están aplicando la Industria 4.0, pero no como debería de ser, es decir, solamente en algunas actividades y procesos productivos. Por el contrario, las empresas manufactureras de la industria textil son el sector que menos está aplicando actualmente las actividades de la Industria 4.0, y ello tiene cierta lógica, dado que este sector es el que menos apoyo económico recibe de la administración, además de que está en proceso de desaparición al no ser competitivo en costos con respecto a los países de Centro América y del continente asiático.

Tabla 103. Implementación de las tecnologías digitales de la Industria 4.0

Tecnología digital	*Industria manufacturera*					*Sig.*
	Metalmecánica	*Automotriz*	*Aeronáutica*	*Química*	*Textil*	
Cloud computing	4.19	3.84	4.19	4.20	4.23	**
Ciberseguridad	4.06	3.75	4.08	4.02	4.06	
Análisis de *big data*	3.82	3.60	4.06	3.84	3.75	*
Advanced Man. Sol.	3,84	3.55	4.06	3.86	3.75	**
Realidad aumentada	3.85	3.54	4.03	3.90	3.77	**
Manufactura aditiva	3.76	3.55	4.23	4.02	3.79	***
Herramientas de simulación	3.94	3.53	4.27	4.04	3.88	***
Impresión 3D	4.02	3.64	4.31	4.14	3.94	***

[a] En una escala de 1 = Muy Bajo a 5 = Muy Alto

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

En la Tabla 103 se indica la percepción que tienen los gerentes de las empresas de la industria manufacturera de México, sobre la implementación de las tecnologías digitales, y se observa que la tecnología digital que más utilizan las

empresas es la *Impresión 3D*, y la utilizan en mayor medida las empresas manufactureras de la industria aeronáutica, con un valor medio de 4.31 (muy alto), continuando con las compañías de la industria química, con una media de 4.14 (alto) y de las empresas manufactureras de la industria metalmecánica con una media de 4.02 (alto). La segunda tecnología de mayor uso es *Herramientas de simulación*, y también la utilizan en mayor medida las empresas de la industria aeronáutica, con un valor medio de 4.27 (muy alto), luego las compañías de la industria química, con un valor medio de 4.04 (alto) y de las empresas de la industria metalmecánica, con una media de 3.94 (alto). La tercera tecnología de mayor uso es *Manufactura aditiva*, siendo también más utilizada por las empresas de la industria aeronáutica, con un valor medio de 4.23 (alto), las compañías de la industria química, con una media de 4.02 (alto), y de las empresas de la industria textil, con una media de 3.79 (alto).

También se observa en la misma Tabla 103, que las empresas manufactureras de la industria automotriz son las que en menor medida están utilizando actualmente las tecnologías digitales, en comparación con las organizaciones de los demás sectores, ya que la tecnología digital que más utilizan es el *cloud computing* o almacenamiento en la nube, con una media de 3.84 (alto). Sin embargo, esta información discrepa de la información presentada en la Tabla 102, en la cual se expone que son precisamente las empresas de la industria automotriz las que más están aplicando la Industria 4.0, pero recordemos que esta información se refiere a la aplicación lógica y realista de la Industria 4.0. Por lo tanto, el hecho de que las compañías automotrices no sean consideradas como las que más utilizan las tecnologías digitales, no significa que su adopción y uso no sea la correcta, sino que posiblemente las empresas de los demás sectores, con excepción de las empresas de la industria aeronáutica, no estén aplicando las tecnologías digitales en todos sus procesos productivos, sino solamente en algunas de sus principales actividades.

Tabla 104. Aplicación de las tecnologías digitales de la Industria 4.0

Tecnología digital	*Sig.*
Cloud computing	4.11
Impresión 3D	3.99
Ciberseguridad	3.98
Herramientas de simulación	3.90
Manufactura aditiva	3.85
Análisis de *big data*	3.81
Advanced Manufacturing Solution	3.80
Realidad aumentada	3.80

[a] En una escala de 1 = Muy Bajo a 5 = Muy Alto.

La Tabla 104 indica la aplicación de las tecnologías digitales en las organizaciones de los cinco sectores más importantes de la industria manufacturera, y se observa que el *Cloud computing* o almacenamiento en la nube, es la tecnología digital que tiene un mayor nivel de uso en las empresas de la industria manufacturera de México, con una media de uso de 4.11 (un poco alta), seguida de la tecnología digital de *Impresión 3D*, con una media de 3.99 (alta) y, en tercer lugar se encuentra la tecnología digital de *Ciberseguridad*, con una media de 3.98 (alta). En contraste, las tecnologías digitales que menos se están utilizando por parte de las empresas de la industria manufacturera son el de *análisis de big data*, con una media de 3.81 (casi alta), el *Advanced Manufacturing Solution* o solución de manufactura avanzada, con una media de 3.80 (casi alta), y de la *Realidad aumentada*, con una media de 3.80 (casi alta).

En conclusión, es posible establecer, considerando la información presentada anteriormente y derivada de la aplicación de la encuesta a los gerentes de las empresas de los cinco sectores de mayor nivel de importancia de la manufactura, que el uso y aplicación de las tecnologías digitales que integran la Industria 4.0 se centra primordialmente en la adopción de las tecnologías digitales de *cloud computing*, impresión 3D y ciberseguridad, el resto de las tecnologías digitales tienen una aplicación en menor escala y son menos importantes.

Tabla 105. Implementación de las actividades de la Industria 4.0

Industria 4.0	*Industria manufacturera*					*Sig.*
	Metal mecánica	*Automotriz*	*Aeronáutica*	*Química*	*Textil*	
El apoyo de la alta dirección en el proyecto I4.0 es alto	3.98	3.70	3.83	3.82	3.96	
La alta dirección muestra mucho interés en el proyecto I4.0	3.94	3.70	3.94	3.66	3.92	
La alta dirección revisa el progreso del proyecto I4.0 de forma regular	3.92	3.61	4.09	3.82	3.90	*
Se invierte tiempo y recursos en capacitar a la mano de obra para utilizar las técnicas I4.0	3.85	3.53	4.03	3.90	3.88	*
Los usuarios internos reciben la formación adecuada en el trabajo para aplicar los sistemas I4.0.	3.90	3.53	3.91	3.90	3.98	*
Se brinda capacitación a los empleados sobre tecnología y procesos I4.0	3.82	3.58	4.00	3.82	3.98	

Se aplican las herramientas y técnicas de gestión de proyectos adecuadas al adoptar el proyecto I4.0	3.92	3.63	4.06	4.00	3.92	*
Los gerentes de proyectos experimentados y capaces están a cargo del equipo del proyecto I4.0	3.90	3.63	4.08	4.02	3.96	*
El programa de implementación de la I4.0 es lógico y realista	3.97	3.70	4.06	3.98	4.02	

[a] En una escala de 1 = Nada Importante a 5 = Muy Importante

Diferencias estadísticamente significativas: (*): $p < 0.1$; (**): $p < 0.05$; (***): $p < 0.01$.

En referencia a la adopción de las actividades de la Industria 4.0 en las organizaciones de los cinco sectores que más aporten tienen a la industria manufacturera de México, en la Tabla 105 se puede observar que la principal actividad en que descansa la implementación de la Industria 4.0 es *"los gerentes de proyectos experimentados y capaces están a cargo del equipo del proyecto de la Industria 4.0"*, y se aplica más esta actividad en las empresas de la industria aeronáutica, con un valor medio de 4.08 (importante), después en las compañías de la industria química, con una media de 4.02 (importante), y en las empresas de la industria textil, con una media de 3.96 (importante). La siguiente actividad que más se implementa es *"se aplican las herramientas y técnicas de gestión de proyectos adecuadas al adoptar el proyecto de la Industria 4.0"*, aplicándose más esta actividad en las empresas de la industria aeronáutica, con una media de 4.06 (importante), seguida de las empresas de la industria química, con una media de 4.00 (importante), y de las compañías textiles, con una media de 3.92 (importante).

La tercera actividad que más se implementa en las empresas de la industria manufactureras es *"la alta dirección revisa el progreso del proyecto de la Industria 4.0 de forma regular"*, y se aplica más esta actividad en las empresas de la industria aeronáutica, con un valor medio de 4.09 (importante), continúan las compañías de la industria metalmecánica, con una media de 3.92 (importante), y de las empresas de la industria textil, con un valor medio de 3.90 (importante). La siguiente actividad que es considerada como más importante es *"se invierte tiempo y recursos en capacitar a la mano de obra para utilizar las técnicas de la Industria 4.0"*, aplicándose más esta actividad en las empresas de la industria aeronáutica, con un valor medio de 4.03 (importante), después las compañías de la industria química, con un valor medio de 3.90 (importante), y de las empresas de la industria textil, con un valor medio de 3.88 (importante).

La quinta y última actividad de la Industria 4.0 que en mayor medida se está aplicando en las empresas de la industria manufacturera es *"los usuarios internos reciben la formación adecuada en el trabajo para aplicar los sistemas de la Industria 4.0"*, aplicándose más esta actividad en las empresas de la industria aeronáutica, con un valor medio de 3.91 (importante), continuando con las empresas de la industria química, con un valor medio de 3.90 (importante), y de las empresas de la industria metalmecánica, con una media de 3.90 (importante). Las cuatro actividades restantes, tienen el mismo grado de importancia en su utilización por parte de las empresas de los cinco sectores de la industria manufacturera, al no ser estadísticamente significativas las medias de su uso. En otras palabras, independientemente del sector al que pertenezcan las empresas manufactureras, su grado de utilización es el mismo.

Nuevamente, se observa en esta misma Tabla 105 que las compañías automotrices, son las que más han implementado de las distintas actividades de la Industria 4.0, comparadas con las empresas de los demás sectores. Sin embargo, como ya se explicó en párrafos anteriores, posiblemente una de las causas de esta información que no coincide con la información obtenida al inicio de este apartado, puede ser que los directivos de las organizaciones tengan una percepción errónea comparada con información presentada en las páginas web de la aplicación de las actividades de la Industria 4.0, o bien que al proporcionar la información mediante la aplicación de la encuesta, prefirieron mantener una situación empresarial muy conservadora con la información proporcionada. Esto difícilmente lo podemos saber con la información disponible, sería adecuado que en estudios posteriores se tuviera la oportunidad de trabajar con datos duros de las empresas, para poder corroborar esta afirmación.

Tabla 106. Aplicación de las actividades de la Industria 4.0

Industria 4.0	*Sig.*
El programa de implementación de la Industria 4.0 es lógico y realista	3.93
Los gerentes de proyectos experimentados y capaces están a cargo del equipo del proyecto I4.0	3.89
Se aplican las herramientas y técnicas de gestión de proyectos adecuadas al adoptar el proyecto I4.0	3.88
La alta dirección revisa el progreso del proyecto I4.0 de forma regular	3.86
El apoyo de la alta dirección en el proyecto I4.0 es alto	3.85
La alta dirección muestra mucho interés en el proyecto I4.0	3.83
Se brinda capacitación a los empleados sobre tecnología y procesos I4.0	3.82
Se invierte tiempo y recursos en capacitar a la mano de obra para utilizar las técnicas I4.0	3.82
Los usuarios internos reciben la formación adecuada en el trabajo para aplicar los sistemas I4.0	3.82

[a] En una escala de 1 = Nada Importante a 5 = Muy Importantes.

En la Tabla 106 se observa que la actividad *"el programa de implementación de la Industria 4.0 es lógico y realista"*, es considerada por los gerentes de las compañías como la actividad que tiene un mayor nivel de aplicación en la industria manufacturera de México, con una media de 3.93 (importante), seguida de la actividad *"los gerentes de proyectos experimentados y capaces están a cargo del equipo del proyecto de la Industria 4.0"*, con una media de 3.89 (importante), y en tercer lugar está la actividad *"se aplican las herramientas técnicas de gestión de proyectos adecuadas al adoptar el proyecto de la Industria 4.0"*, con una media de 3.88 (importante). En este sentido, es posible establecer que la aplicación de las actividades de la Industria 4.0 en las compañías manufacturera de México, descansa en estas tres actividades esenciales.

Conclusiones

Considerando la información presentada con anterioridad es factible concluir que, a pesar de la inexistencia de una ley, programa o normatividad que apoye y promueva la adopción, uso y aplicación de las actividades la Industria 4.0 en las empresas manufactureras del país, o bien a falta de la promoción entre los grupos y asociaciones de empresarios de transitar de un modelo de producción tradicional basado en el uso de tecnología común o habitual, a un nuevo modelo de producción fundamentado en el uso de tecnología digital de la Industria 4.0, en la última década ha aumentado exponencialmente el número de compañías de todos los sectores que han tomado la decisión de la adopción e implementación en la mayoría de sus procesos industriales, de las tecnologías digitales de la Industria 4.0, asumiendo con ello no solamente los riesgos que ello conlleva, sino también los beneficios que representa.

Así, los resultados encontrados por medio de la aplicación de una encuesta a las compañías de los sectores que más aporte tienen tanto a la economía de la industria manufacturera como al PIB de México permiten concluir que la mayoría de las organiza-

ciones están adoptando e implementando cada vez más, las tecnologías digitales en la mayoría de sus procesos industriales. Sin embargo, la búsqueda de información en las principales asociaciones empresariales, en los sitios oficiales y en las páginas web de las empresas no establece con claridad la adopción y uso de las tecnologías digitales, así como los resultados obtenidos de la implementación de esta importante estrategia empresarial, o bien qué porcentaje de los resultados empresariales son derivados de la implementación de la Industria 4.0, lo cual prácticamente impide que se puedan aportar datos duros sobre los resultados obtenidos en las empresas de la utilización de la Industria 4.0.

Estudios publicados recientemente en la literatura han aportado evidencia empírica que establece que el primer paso ya se ha dado, para el cambio del paradigma del modelo de producción tradicional existente en un elevado porcentaje de las empresas manufactureras de los países de América Latina, entre ellos México, para la aplicación de un innovador modelo de producción basado en el uso de tecnología digital, que les permita no solamente mejorar significativamente los procesos y sistemas de producción, sino también reducir los costos de producción de los productos y adaptarlos a los cambios que demanda el mercado global, para lo cual las grandes compañías manufactureras, que son las organizaciones que en mayor medida están aplicando las tecnologías digitales que integran la Industria 4.0, requieren que la administración pública apoye a todas las organizaciones empresariales establecidas en nuestro país, para que también implementen la Industria 4.0.

En este sentido, sería esencial que la comunidad académica, empresarial y gubernamental realizaran una profunda reflexión, sobre la importancia que tiene tanto para la economía como para la sociedad en general la adopción, uso y aplicación de las tecnologías digitales de la Industria 4.0 en la totalidad de las organizaciones de México, particularmente las que integran a los cinco sectores industriales más importantes de la economía de México, no solamente para reducir los costos de producción, sino también para fabricar productos que estén más personalizados a las preferencias y necesidades de los consumidores, y que sean más amigables con el medioambiente, por ejemplo la producción de vehículos eléctricos e híbridos que generen menores nivele de emisión de CO_2 y contaminación medioambiental, lo cual podría contribuir a la reducción significativa del cambio climático; la producción de naves aeroespaciales que utilicen tecnología digital; la producción de productos químicos de nueva generación, o la producción de prendas de vestir con nuevos materiales.

En este sentido, la reflexión sobre la importancia que tiene la adopción e implementación de las tecnologías digitales, en las organizaciones manufactureras de las cinco industrias que más contribuyen al crecimiento y desarrollo de la economía de México, se orientará prácticamente en la realización de diver-

sas recomendaciones que a nuestro juicio se consideras esenciales, con el único objetivo de analizar y discutir la información recabada mediante la aplicación de una encuesta a las organizaciones, así como la información obtenida de las fuentes oficiales y de las propias empresas manufactureras, lo cual nos permita proponer alternativas de solución a los principales problemas económicos y sociales que aquejan a las empresas, no solamente las establecidas en México, sino también las que se encuentran ubicadas en cualquier otro país de América Latina, o de economía similar a la de México.

Adicionalmente, las recomendaciones no se realizarán de manera personal o hacia alguna empresa en particular, ya que los datos no fueron analizados por cada una de las empresas que integraron la muestra, por lo cual las recomendaciones se tratarán de manera general y se dividirán en dos apartados fundamentales, con la finalidad de que los lectores de este libro estén en condiciones de distinguir sin problema alguno, las recomendaciones que estén orientadas a tratar de mejorar las condiciones de las compañías industriales y las que se centren en las actividades que debería realizar la administración pública. Por ello, una vez que se ha señalado el procedimiento para la realización de las recomendaciones generales, en los siguientes apartados se expondrán a consideración de los lectores.

Sector Empresarial: El uso y aplicación de las distintas tecnologías digitales de la Industria 4.0, comúnmente requieren de cambios sustanciales al interior y exterior de las organizaciones, con la finalidad de aprovechar al máximo tanto los beneficios como los resultados esperados por las empresas manufactureras, para lo cual los directivos de las empresas manufactureras de las cinco industrias más importantes de México, tendrán que realizar un fuerte compromiso no solamente al interior de la organización, sino también con aquellas empresas que participan en la cadena de suministro, particularmente porque los cambios y/o mejoras que se implementen a los sistemas y procesos de producción de las empresas, tendrán un impacto directo también en los procesos y sistemas productivos de sus colaboradores comerciales, por lo cual los cambios que se adopten e implementen en las compañías industriales tienen que ser transversales para que se mejore no solamente la dinámica de los procesos y sistemas de producción, sino también la totalidad de los procesos y sistemas de la cadena de proveeduría.

La incertidumbre de los negocios y el elevado nivel de competitividad empresarial a nivel global están presionando cada vez más a las organizaciones a la realización de cambios en sus estrategias empresariales, una de las más importantes en la actualidad es el uso y aplicación de la Industria 4.0, la cual es considerada en la literatura como en una de las estrategias empresariales que generan mejores resultados empresariales. Así, de acuerdo con la aplicación de la encuesta a las organizaciones manufactureras de México, el 82% de ellas

manifestaron que sí han adoptado e implementado en su totalidad o de manera parcial las actividades de la Industria 4.0, sin embargo, al revisar la información de sus actividades, en la mayoría de ellas no es posible identificar qué tipo de actividades y qué resultados son derivados de la aplicación de la Industria 4.0, con excepción de las compañías automotrices y aeronáutica, en las cuales se identifican las actividades que integran a la Industria 4.0.

Así, considerando la información anteriormente presentada es factible recomendar a las compañías de las industrias metalmecánica, automotriz, aeronáutica, química y textil que integren en sus estrategias empresariales, aplicación de las tecnologías digitales que integran la Industria 4.0, con la finalidad de mejorar sustancialmente tanto sus sistemas y procesos de producción, así como los productos y servicios que generan. Además, la aplicación de las actividades de la Industria 4.0 permitirá a las organizaciones de todos los sectores industriales, reducir en un elevado porcentaje no solamente sus costos de producción, sino también sus costos operativos al incorporar las tecnologías digitales en todas sus actividades empresariales, y a través de la personalización de los productos de acuerdo con las preferencias y necesidades de sus clientes y consumidores.

Una de las actividades esenciales de la Industria 4.0 es la utilización de tecnología digital, no solamente en los sistemas y procesos productivos, sino también en todas las actividades de distribución y marketing de sus productos y servicios post venta. Así, en la literatura científica se pueden encontrar diversas tecnologías digitales que integran la Industria 4.0, entre las más usuales en las organizaciones se encuentran: almacenamiento en la nube, ciberseguridad, análisis de *big data*, soluciones de manufactura avanzada, realidad aumentada, manufactura aditiva, herramientas de simulación e impresión 3D, las cuales comúnmente son aplicadas en las compañías manufactureras, particularmente porque la aplicación de algunas de ellas requiere con antelación la implementación de otras más, es decir, algunas de la tecnologías digitales son complementarias y no es posible su aplicación de manera separada.

En términos generales, el 71% de las empresas manufactureras de los cinco sectores industriales de México siempre utiliza las tecnologías digitales en sus actividades empresariales, mientras que el 29% restante no lo hace. Por lo tanto, 7 de cada 10 compañías manufactureras de México utilizan algunas de las diversas tecnologías digitales de la Industria 4.0, tanto en sus sistemas y procesos de producción como en sus actividades de comercialización. Así, es posible concluir que aun cuando varias de las organizaciones de los cinco sectores industriales que más contribuyen a la economía de México, no han adoptado e implementado en su totalidad las actividades de la Industria 4.0, pero sí están aplicando algunas de las tecnologías digitales en sus actividades industriales.

Analizando las ocho tecnologías digitales de la Industria 4.0 de manera particular, es posible concluir que el 83% de las empresas manufactureras actualmente está utilizando la tecnología del almacenamiento en la nube de la información y datos más importantes, mientras que el 75% de las empresas está utilizando la tecnología de ciberseguridad de sus datos, el 69% de las empresas usa la tecnología del análisis de *big data*, el 67% de las empresas manufactureras emplea la tecnología de soluciones avanzadas de manufactura, el 66% de las empresas usa la tecnología de realidad aumentada, el 69% de las empresas manufactureras está utilizando la tecnología de la manufactura aditiva, el 71% de las empresas manufactureras está utilizando la tecnología de herramientas de simulación, y el 77% de las empresas actualmente está empleando la tecnología de impresión 3D.

En este sentido, tomando en cuenta la información previamente establecida es factible recomendar a las compañías de las industrias metalmecánica, automotriz, aeronáutica, química y textil de México la adopción e implementación de las tecnologías digitales de la Industria 4.0 en todas sus actividades empresariales, con la finalidad de que obtengan los distintos beneficios que conlleva la aplicación de la Industria 4.0, de lo contrario las empresas manufactureras solamente tendrán resultados menores y algunos de los beneficios básicos de la adopción y uso de algunas de las diversas tecnologías digitales de la Industria 4.0, lo cual hará complicado el retorno de la inversión en la tecnología en un tiempo relativamente corto.

De las ocho tecnologías digitales más utilizadas en las empresas manufactureras de los cinco sectores industriales que más contribuyen a la economía de México, al igual que de cualquier otro país del orbe, la tecnología digital del análisis de *big data* es la que está creciendo exponencialmente su utilización, particularmente en las medianas y las grandes empresas manufactureras. Así, en términos del manejo del volumen de datos de la tecnología del análisis de *big data*, el 77% de las empresas manufactureras de los cinco sectores industriales de México, manifestaron que el crecimiento del volumen de datos de la organización está creciendo rápidamente en relación con hace dos años, lo cual hace ya imposible su manejo con la tecnología digital existente actualmente en las empresas, por lo cual tienen que renovar la tecnología digital.

En este sentido, consideran la información presentada en líneas anteriores es factible recomendar a las compañías de las industrias metalmecánica, automotriz, aeronáutica, química y textil de México la adopción e implementación de la tecnología digital del análisis de *big data* en su totalidad, es decir, aquella tecnología digital que más se adapte a las necesidades y requerimientos de información de las organizaciones, con la finalidad de que el análisis, uso y manejo de la información sea lo más eficiente y efectiva posible, ya que de ello

dependerá la mejora en la toma de decisiones de los gerentes de las compañías, así como la información para la personalización y/o adecuación de los productos y servicios a los gustos de los clientes.

Con respecto a la variedad de datos de la tecnología digital del análisis de *big data*, el 73% de las empresas manufactureras de los cinco sectores industriales de México, manifestaron que regularmente el *big data* que utilizan las organizaciones está bien estructurado, haciendo uso de macrodatos de diversas fuentes y presentando los datos y la información en distintos formatos, comúnmente en tablas y gráficos. Por ello, las empresas manufactureras no han obtenido los máximos beneficios que genera el uso de la tecnología del análisis de *big data*, porque actualmente un número importante de compañías manufactureras no están usándola en la totalidad de sus actividades empresariales y de manera regular, sino que su utilización parcial, es decir, solamente en algunas actividades específicas, no garantiza que los beneficios que conlleva su aplicación se vean reflejados en las organizaciones.

De modo que, tomando en cuenta la información presentada con anterioridad es factible recomendar a las empresas manufactureras de las industrias metalmecánica, automotriz, aeronáutica, química y textil de México la adopción e implementación de la tecnología digital del *big data* de manera regular y en la totalidad de las actividades empresariales de las empresas manufactureras, ya que ello permitirá a las organizaciones no solamente mejorar significativamente la estructura de sus datos y de su información privilegiada, sino también maximizar los beneficios de la utilización de la tecnología del análisis de *big data*, como por ejemplo la reducción de los costos del uso, manejo y análisis de los datos y la información para mejorar significativamente el proceso en la toma de decisiones de los gerentes de las compañías industriales.

En lo referente a la velocidad de los datos de la tecnología digital del análisis de *big data*, el 71% de las empresas manufactureras de los cinco sectores industriales de México manifestó que el *big data* que regularmente utiliza, incluye una cantidad muy significativa de datos e información que se obtienen en tiempo real, los cuales se actualizan con mayor frecuencia dificultando su análisis instantáneo. En este sentido, un elevado porcentaje de las empresas manufactureras asentadas en territorio nacional está desaprovechando la adquisición de la tecnología digital del análisis de *big data*, al subutilizarla y no contar con el personal capacitado para analizar, utilizar y manejar la información que se obtiene en tiempo real, por lo cual los beneficios que ofrece este tipo de tecnología no se están aprovechando al máximo.

Por tal motivo, tomando en cuenta la información que se presentó en líneas anteriores es factible recomendar a las compañías de las industrias metalmecánica, automotriz, aeronáutica, química y textil de México la adopción

e implementación de la tecnología digital del *big data* de manera eficiente y efectiva, ya que al obtener información y datos en tiempo real permite a las organizaciones no sólo mejorar sustancialmente la toma de decisiones, sino también proponer soluciones innovadoras para reducir la problemática que las aquejan en tiempo real, es decir, en el momento en que se están presentando dichos problemas, lo cual facilitará el ajuste o cambio de acciones que conlleven la solución de los problemas, principalmente aquellos que están directamente relacionados con los clientes y consumidores, o con la cadena de proveeduría.

En cuanto a la veracidad de los datos de la tecnología digital del análisis de *big data*, el 83% de las compañías de los cinco sectores más importantes de la economía de México, manifestó que el *big data* que utiliza generalmente es muy preciso, eficiente y efectivo, por lo cual se puede confiar sin problema alguno en los macrodatos que recaban y analizan las empresas. Por ello, la información obtenida en tiempo real, particularmente de los clientes y consumidores, así como de las empresas que integran la cadena de proveeduría, son muy confiables por lo cual la toma de decisiones gerenciales de las empresas manufactureras se facilita y puede tener una mayor probabilidad de éxito, reduciendo con ello tanto los tiempos como los costos de oportunidad asociados a los sistemas y procesos productivos.

En este sentido, considerando la información presentada previamente es factible recomendar a las compañías de las industrias metalmecánica, automotriz, aeronáutica, química y textil asentadas en territorio nacional, la adopción e implementación de la tecnología digital del análisis de *big data* tanto al interior como al exterior de las organizaciones, ya que ello les permitirá no solamente la obtención de información y datos confiables de las actividades empresariales de las organizaciones, sino también de las actividades que realizan sus principales socios comerciales y las organizaciones que colaboran en la cadena de suministro. Asimismo, la información y los macrodatos recabados y analizados por las empresas manufactureras tendrán que ser compartidos con sus principales socios comerciales, con la finalidad de reducir el fracaso en el proceso de la toma de decisiones que afecten a las compañías de la proveeduría.

Finalmente, en lo referente al valor y rentabilidad de los datos de la tecnología digital del análisis de *big data*, el 80% de las compañías de los cinco sectores industriales más importantes de México, manifestó que comúnmente el *big data* que utilizan las organizaciones es usado correctamente y beneficia a la totalidad de las áreas funcionales y departamentos que integran la organización, pero que los datos y la información aun cuando son muy costosos de obtener y de procesar, la relación calidad-precio es aceptable, particularmente porque la información y los datos que se analizan permiten a las empresas contar con información valiosa en tiempo real, lo cual les permite no solamen-

te tomar decesiones gerenciales con información valiosa en tiempo real, sino también reducir los costos de oportunidad derivados de la toma de decisiones sin información oportuna.

De tal forma que, tomando en cuenta la información presentada en líneas anteriores es factible recomendar a las compañías de las industrias metalmecánica, automotriz, aeronáutica, química y textil de México, la adopción e implementación de la tecnología digital del análisis de *big data* en la totalidad de las actividades industriales y de comercialización, ya que ello permitirá a las organizaciones una disminución significativa de los costos de producción, así como de los costos de comercialización de los productos y servicios. Asimismo, también es posible recomendar a las empresas la capacitación del personal que utiliza y analiza la tecnología digital del *big data*, ya que ello les ayudará a tener información y datos más eficientes y efectivos y en tiempo real, lo cual reducirá los fracasos en la toma de decisiones gerenciales.

Bajo este contexto, para que las actividades y tecnologías digitales que integran la Industria 4.0, generen los resultados y beneficios esperados por las compañías de los cinco sectores industriales que más contribuyen a la economía y sociedad de México, es fundamental que las organizaciones no solamente adopten e implementen la Industria 4.0 en las actividades propias de las empresas, sino también que la aplicación de la Industria 4.0 se extienda en todas las compañías que integran la cadena de suministro, con la. finalidad de que el uso de las tecnologías digitales se adopte e implementen en la totalidad de los sistemas productivos, pues de lo contrario los beneficios que conlleva la Industria 4.0 se generarían únicamente en las grandes empresas, pero no en las organizaciones que participan en la cadena de suministro, lo cual desmotivaría a los directivos de las organizaciones al uso y aplicación de las actividades de la Industria 4.0.

En este sentido, será fundamental la asesoría y compromiso que tengan las grandes empresas manufactureras de las industrias metalmecánica, automotriz, aeronáutica, química y textil de México, para apoyar a las medianas y pequeñas empresas que colaboran en la cadena de suministro de las grandes empresas, no solo en el aumento de las exigencias del cumplimiento de las normas de calidad de los materiales y materias primas solicitados, sino también en el apoyo necesario para que la totalidad o la mayoría de las organizaciones adopten e implementen en sus sistemas y procesos de producción las actividades y tecnologías digitales que integran la Industria 4.0, ya que ello podría generar más y mejores resultados y beneficios en todas las compañías manufactureras, al disminuir en el corto plazo los tiempos y costos de producción y mejorar los sistemas de producción de manera transversal, permitiendo con ello incrementar el nivel de crecimiento de la industria manufacturera de México, así como la calidad de vida de las sociedad donde se localizan las empresas.

Sector Gubernamental: El uso y aplicación de las tecnologías digitales no solamente es competencia de las empresas manufactureras de las cinco industrias más importantes de México (metalmecánica, automotriz, aeronáutica, química y textil), sino también de la administración pública, particularmente de la administración pública federal, quienes deberían tomar en cuenta esta información para el diseño e implementación de políticas y programas gubernamentales que estimulen y promuevan el uso y aplicación de las diversas tecnologías digitales de la Industria 4.0, con el objetivo de apoyar a las organizaciones empresariales a mejorar sus sistemas y procesos productivos, lo cual permeará en un mayor nivel de crecimiento y desarrollo de la economía y la sociedad local, regional y nacional, así como en un incremento en la calidad de vida de las personas que radican en las localidades donde se encuentran asentadas las empresas manufactureras de todos los sectores industriales del país.

Por ello, considerando la información previamente presentada es factible recomendar a la administración pública, especialmente a la administración pública federal, la creación tanto de políticas que incentiven la adopción y aplicación de las tecnologías digitales de la industria 4.0, al interior como al exterior de las organizaciones, así como de programas de capacitación al personal de las compañías industriales, ya que la adopción y aplicación de las actividades de la Industria 4.0 ayudará a las organizaciones de todos los sectores industriales del país no solamente a disminuir sustancialmente los costos de producción, sino también los costos de distribución y comercialización, lo cual podría impactar en una reducción de los precios de los productos y servicios, beneficiando con ello tanto a los clientes como a la sociedad en general, además de considerar otras actividades específicas que se expondrán en los siguientes párrafos.

El primer gran reto que tiene la administración pública es el desarrollo de un paquete de leyes que fomenten el uso y aplicación de las distintas actividades de la Industria 4.0 en todas las actividades empresariales, desde la adquisición de las materias primas hasta la entrega de los productos a los consumidores, ya que ello ayudará a las compañías a cambiar el paradigma de un modelo de negocio tradicional a un modelo de negocio automatizado. Además, estas leyes también tienen que promover entre el sector empresarial, especialmente en las compañías industriales de la metalmecánica, automotriz, aeronáutica, química y textil, la utilización y aplicación de las distintas tecnologías digitales que integran la Industria 4.0, con la finalidad de disminuir los costos y tiempos en los sistemas de producción.

Otro de los retos a los que se tiene que enfrentar la administración pública en México es a la implementación de un paquete de políticas fiscales que promuevan y fomenten las actividades de la Industria 4.0, no solamente en las empresas manufactureras sino también en las empresas de servicios, lo cual

permitirá que la industria manufacturera de México incremente su participación en el mercado global. Además, las políticas fiscales deberán de incentivar al sector empresarial en la adquisición, uso y aplicación de las distintas tecnologías digitales tanto en sus actividades de producción como en toda la cadena de suministro, lo cual tendría un efecto multiplicador en la mayor cantidad posible de empresas, generando con ello un crecimiento sustancial del PIB como del ingreso de divisas.

Adicionalmente, el reto fundamental que tiene la administración pública de México es la implementación de un programa de financiamiento que apoye el uso y aplicación de las tecnologías digitales de la Industria 4.0 que mejor se adapten a las necesidades de las organizaciones empresariales, con la finalidad de generar un mayor nivel de competitividad y mayores ventajas competitivas de la industria nacional. Además, el programa de financiamiento deberá otorgar tasas preferenciales para la adquisición de tecnología digital a las micro y pequeñas empresas, particularmente las que participan en las industrias metalmecánica, automotriz, aeronáutica, química y textil, ya que son precisamente este tipo de organizaciones empresariales las que tienen serias restricciones financieras y de recursos humanos.

Aunado a lo anteriormente expuesto, otro reto esencial de la administración pública de México es el desarrollo e implementación de aquellos programas de capacitación dirigidos tanto al personal como a los directivos de las empresas, especialmente a las compañías que pertenecen a las industrias metalmecánica, automotriz, aeronáutica, química y textil, y en particular que apoyen a las micro y pequeñas empresas con la finalidad de que un mayor número de micro, pequeñas y medianas empresas se integren en la cadena de proveeduría de las grandes empresas. Estas acciones sin lugar a duda no solamente ayudarían a las empresas a mejorar la calidad de sus productos y servicios, sino también podrían obtener ventajas competitivas que les permita participar en la cadena de proveeduría del mercado global.

Otro de los restos principales de la administración pública de México es el desarrollo de un programa nacional que permita la articulación de los centros de investigación y las universidades públicas y privadas con el sector empresarial, de tal manera que tanto los centros de investigación como las instituciones de educación superior orienten sus investigaciones en el fomento y aplicación de las distintas tecnologías digitales de la Industria 4.0 en el sector empresarial, fundamentalmente en las micro, pequeñas y medianas empresas que pertenecen a las industrias metalmecánica, automotriz, aeronáutica, química y textil, con la finalidad de apoyar a los directivos de las compañías en la selección de aquellas tecnologías digitales que mejor se adecúen a sus necesidades.

Por último, el reto que desde nuestro punto de vista se considera como indispensable que tiene que asumir la administración pública de México, es la implementación de un "Acuerdo Nacional por la Educación", en el cual la sociedad en su conjunto participe activamente en una reestructuración de los programas de estudio, en especial los de educación media superior, superior y posgrados, para que se incluyan las actividades necesarias para el fomento de la aplicación de las tecnologías digitales y las actividades de la Industria 4.0. Estas acciones sin lugar a duda generarán en un futuro cercano, el personal capacitado que requiere el sector empresarial en el uso y manejo de las tecnologías digitales, así como podrá a México en el centro global como uno de los países más atractivos para la inversión en tecnologías digitales.

Bajo este contexto, para tener mayores probabilidades de lograr que las tecnologías digitales de la Industria 4.0 se adopten y apliquen en la mayor cantidad posible de las compañías de la industria de la manufactura, particularmente en las empresas de las industrias metalmecánica, automotriz, aeronáutica, química y textil, la participación del sector empresarial como de la administración pública de México es indispensable. Además, la sociedad deberá participar en este gran acuerdo para que nuestro país no sea simplemente un receptor de empresas de la industria manufacturera ensambladoras de productos, sino que se convierta en un país que desarrolle su propia tecnología digital y se convierta en un país que brinde oportunidades de una mayor calidad de vida para sus habitantes, al fomentar trabajos mejor remunerados en las distintas empresas manufactureras.

Finalmente, esta serie de recomendaciones tienen como objetivo esencial que tanto el sector empresarial como la administración pública, las tomen en cuenta al momento de diseñar e implementar sus estrategias y programas de trabajo, no solamente para posicionar a México como un país desarrollador de tecnología a nivel global, sino también para mejorar el nivel de competitividad tanto de las empresas como del país en su conjunto. Si México no trabaja para insertarse en el mundo digital imperante hoy en día, sin lugar a duda que otros países de América Latina sí que lo harán, y nuestro país seguirá sometido a un modelo de negocio tradicional que genera cada vez más niveles de pobreza, y no aprovecha el potencial que tienen los jóvenes para competir a nivel mundial.

Referencias

Accenture. (2017). *2017 Cost of Cybercrime Study*. Accenture. https://www.accenture.com/gb-en/insight-cost-of-cybercrime-2017.

Alavian, P., Eun, Y., Meerkov, S.M., & Zhang, L. (2020). Smart production systems: Automatic decision-making in manufacturing environment. *International Journal of Production Research*, 58(3), 828-845.

Alcacer, V., & Cruz-Machado, V. (2019). Scanning the industry 4.0: A literature review on technologies for manufacturing systems. *Engineering Science and Technology*, 22(3), 899-919.

Almada-Lobo, F. (2016). The industry 4.0 revolution and the future of manufacturing execution systems (MES). *Journal of Innovation Management*, 3(4), 16-21.

AMIA (2022) México en la Producción Mundial de Vehículos https://www.amia.com.mx/about/vehiculos-mexico/

Anderson, J.M., Nidhi, K., Stanley, K.D., Sorensen, P., Samaras, C., & Oluwatola, O.A. (2014). *Autonomous Vehicle Technology: A Guide for Policymakers*. Santa Monica, CA: RAND Corporation.

ANIQ (2022) Anuario Estadístico de la Industria Química Edición 2022 https://aniq.org.mx/webpublico/notas/anuarioestadisticoiq.asp

Appio, F.P., Frattini, F., Petruzzelli, A.M., & Neirotti, P. (2021). Digital transformation and innovation management: A synthesis of existing research and an agenda for future studies. *Journal of Product Innovation Management*, 38(1), 4-20.

Ardanza, A., Moreno, A., Segura, A., de la Cruz, M., & Aguinaga, D. (2019). Sustainable and flexible industrial human machine interfaces to support adaptable applications in the industry 4.0 paradigm. *International Journal of Production Research*, 57(12), 4045-4059.

Ardito, L., D'Adda, D., & Petruzzelli, A.M. (2018). Mapping innovation dynamics in the internet of things domain: Evidence from patent analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, 136(1), 317-330.

Ardito, L., Petruzzelli, A.M., Panniello, U., & Garavelli, A.C. (2019). Towards industry 4.0. *Business Process Management Journal*, 25(2), 323-346.

Aria, E., Olstam, J., & Schwietering, C. (2016). Investigation of automated vehicle effects on driver's behavior and traffic performance. *Transportation Research Procedia*, 15(1), 761-770.

Arnold, C., Kiel, D., & Voigt, K.I. (2016). How the industrial internet of things changes business models in different manufacturing industries. *International Journal of Innovation Management,* 20(8), 1-16.

Arunachalam, D., Kumar, N., & Kawalek, J.P. (2018). Understanding *big data* analytics capabilities in supply chain management: Unravelling the issues, challenges, and implications for practice. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 114(3), 416-436.

Asociación de Profesionales para la Competitividad del Mecanizado (ASPROMEC) (2022) Comercio Exterior Importancia comercial del Sector para México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/330048/TLCUEM_ficha_Metalme_canico.pdf

Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA) (2022) Indicadores Internacionales Relacionados https://www.amia.com.mx/indicadores-internacionales-relacionados1/

Bag, S., & Christiaan, P.J. (2022). Relationships between industry 4.0, sustainable manufacturing and circular economy: Proposal of a research framework. *International Journal of Organization Analysis*, 30(4), 864-898.

Bag, S., Gupta, S., & Kumar, S. (2021). Industry 4.0 adoption and 10R advance manufacturing capabilities for sustainable development. *International Journal of Production Economics*, 231(1), 1-11.

Bag, S., Wood, L.C., Mangle, S.K., & Luthra, S. (2020). Procurement 4.0 and its implications on business process performance in a circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*, 152(1), 1-11.

Barata, J., Cunha, P.R., & Coyle, S. (2019). Evolving manufacturing mobility in industry 4.0: The case of process industries. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(1), 52-71.

Barbosa, N., & Faria, A. (2008). Technology adoption: Does labor skill matter? Evidence from Portuguese firm-level data. *Empirica*, 35(1), 179-194.

Barney, J. (1991). Firm resources and competitive advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99-120.

Baruch, J. (2016). Steer driverless cars towards full automation. *Nature*, 536(7615), 127-132.

Bauernhansl, T., Hompel, M.T., & Vogel-Heuser, B. (2014). *Industry 4.0 in Produktion, Automatisierung und logistik*. Vieweg, Wiesbaden: Springer.

Becker, F., & Axhausen, K.W. (2017). Literature review on surveys investigating the acceptance of automated vehicles. *Transportation*, 44(6), 1293-1306.

Begg, D. (2014). A 2050 vision for London: What are the implications of driverless transport. Available at: https://www.transporttimes.co.uk/Admin/uploads/64165-Transport-Times_A-2050-Visiones-for-London_AW-WER-READY.pdf. Accessed 14 November 2022.

Beiker, S.A. (2012). Legal aspects of autonomous driving. *Santa Clara Law Review*, 52(4), 1144-1156.

Ben-Daya, M., Hassini, F., & Bahround, Z. (2019). Internet of things and supply chain management: A literature review. *International Journal of Production Research*, 57(15/16), 4719-4742.

Berg, M., & Hudson, P. (1992). Rehabilitating the industrial revolution. *The Economic History Review*, 45(1), 24-50.

Bidet-Mayer, T., & Ciet, N. (2016). *L'industrie du Future : Une Compétition Mondiale*. Paris : La Fabrique de L'industrie.

Birkel, H.S., Veile, J.W., Müller, J.M., Hartmann, E., & Voigt K.I. (2019). Development of risk framework for industry 4.0 in the context of sustainability for established manufacturers. *Sustainability*, 11(2), 384-396.

Blunck, E., & Werthmann, H. (2017). Industry 4.0: A opportunity to realize sustainable manufacturing and its potential for a circular economy. *DIEM: Dubrovnik International Economic Meeting*, 3(1), 644-666.

Böhm, S., Jones, C., Land, C., & Paterson, M. (2016). Part one conceptualizing automobility introduction: impossibilities of automobility. *The Sociological Review*, 54(1), 1-16.

Boken, N., Short, S., Rana, P., & Evans, S. (2014). A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. *Journal of Cleaner Production*, 65(2), 42-56.

Bokrantz, J., Skoogh, A., Berlin, C., Wuest, T., & Stahre, J. (2019). Smart maintenance: A research agenda for industrial maintenance management. *International Journal of Production Economics*, 224(6), 1-12.

Bolesnikov, M., Popovic-Stijacié, M., Radisic, M., Takaci, A., Borocki, J., & Bolesnikov, D.J. (2019). Development of a business model by introducing sustainable and tailor-made value proposition for SME clients. *Sustainability*, 11(4), 1157-1169.

Bordeleau, F.E., Mosconi, E., & de Salta-Eulalia, L.A. (2020). Business intelligence and analytics value creation in industry 4.0: A multiple case study in manufacturing medium enterprises. *Production Planning and Control*, 31(2/3), 173-185.

Bosman, L., Hartman, N., & Sutherland, J. (2020). How manufacturing firm characteristics can influence decision making for investing in industry 4.0 technologies. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(5), 1117-1141.

Bressanelli, G., Adrodegari, F., Perona, M., & Saccani, N. (2018). Exploring how usage-focused business models enable circular economy through digital technologies. *Sustainability*, 10(3), 1-21.

Brinch, M., Stentoft, J., Jensen, J.K., & Rajkumar, C. (2018). Practitioners understanding *big data* and its applications in supply chain management. *The International Journal of Logistics Management*, 29(2), 555-574.

Brixner, C., Isaak, P., Mochi, S., Ozono, M., Suárez, D., & Yoguel, G. (2020). Back to the future: Is industry 4.0 a new tecno-organizational paradigm? Implications for Latin American countries. *Economics of Innovation and New Technology*, 29(7), 1-15.

Brown, A., Gonder, J., & Repac, B. (2014). An analysis of possible energy impacts of autonomous vehicles. In Meyer, G. and Beiker, S. (Eds.), *Road Vehicle Automation*. London: Springer.

Büchi, G., Cugno, M., & Castagnoli, R. (2020). Smart factory performance and industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 150(1), 1-11.

Bueno, E. (1998). El capital intangible como clave estratégica en la competencia actual. *Boletín de Estudios Económicos*, 53(164), 207-229.

Buer, S.V., Strandhagen, J.O., & Chan, F.T. (2018). The link between industry 4.0 and lean manufacturing: Mapping current research and establishing a research agenda. *International Journal of Production Res*earch, 56(8), 2924-2940.

Bulkeley, H., & Betsill, M. (2005). Rethinking sustainable cities: Multilevel governance and the urban politics of climate change. *Environmental Politics*, 14(1), 42-63.

Calabrase, A., Levialdi-Ghiron, N., & Tiburzi, L. (2020). Evolutions and revolutions in manufacturers implementation of industry 4.0: A literature review, a multiple case study, and a conceptual framework. *Production Planning and Control*, 32(3), 1-15.

Cámara Nacional de la Industria Textil y de la Confección (CANAITEX) (2021) https://canaintex.org.mx/informacion_estadistica_/

Canaitex (2021) Industria Textil Información Estadística https://canaintex.org.mx/informacion_estadistica_/

Canaitex (2022) Cámara Nacional de la Industria Textil Información Estadística https://canaintex.org.mx/informacion_estadistica_/

Carvalho, N., Chaim, O., Cazarini, E., & Gerolamo, M. (2018). Manufacturing in the fourth industrial revolution: A positive prospect in sustainable manufacturing. *Procedia Manufacturing*, 21(5), 671-678.

Cater, B., Cerne, M., Koman, M., & Redek, T. (2021). Industry 4.0 technologies usage: Motives and enablers. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32(9), 333-345.

CCOO. (2018). *Situación y Perspectivas en el Sector del Automóvil. Medidas Ambientales, Digitalización y Automatización de la Industria. Confederación Sindical de Comisiones Obreras. Área de Estrategias Sectoriales.* México: CCOO.

Ceipek, R., Hautz, J., Petruzzelli, A.M., De Massis, A., & Matzler, K. (2021). A motivation and ability perspective on engagement in emerging digital technologies: The case of internet pf things solutions. *Long Range Planning*, 54(5), 1-12.

Cezarino, L.O., Liboni, L.B., Stefanelli, N.O., Oliveira, B.G., & Stocco, L.C. (2019). Diving into emerging economies bottleneck: Industry 4.0 and implications for circular economy. *Management Decision*, 59(8), 1841-1862.

Chanias, H., & Hess, T. (2016). Understanding digital transformation strategy formation: insights from Europe's automotive industry. PACIS 2016 *Proceedings*, 6(27), 1-15.

Chen, B., Wan, J., Shu, L., Li, P., Mukherjee, M., & Yin, B. (2018). Smart factory of industry 4.0: Key technologies, application case, and challenges. *IEEE Access*, 6(12), 6505-6519.

Chiarello, F., Trivelli, L., Bonaccorsi, A., & Fantoni, G. (2018). Extracting and mapping industry 4.0 technologies using Wikipedia. *Computers in Industry*, 100(2), 244-257.

Chiarini, A., Belverede, V., & Grando, A. (2020). Industry 4.0 strategies and technological developments: An exploratory research from Italian manufacturing companies. *Production Planning and Control*, 31(16), 1-14.

Cimini, C., Boffelli, A., Lagorio, A., Kalchschmidt, M., & Pinto, R. (2021). How do industry 4.0 technologies influence organizational change? An empirical analysis of Italian SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32(3), 695-721.

Clusterindustrial.com (2022) perspectivas del sector aeroespacial en México https://www.clusterindustrial.com.mx/noticia/4970/femia-presenta-las-perspectivas-del-sector-aeroespacial-en-mexico-para-2022

CMMD (Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo) (1992). *Nuestro Futuro Común*. Madrid: Alianza Editorial.

Coad, A., & Tamvada, J.P. (2012). Firm growth and barriers to growth among small firms in India. *Small Business Economics*, 39(2), 383-400.

Correani, A., De Massis, A., Frattini, F., Petruzzelli, A.M., & Natalicchio, A. (2020). Implementing a digital strategy: Learning from the experience of three digital transformation projects. *California Management Review*, 62(4), 37-56.

Culot, G., Nassimbeni, G., Orzes, G., & Sartor, M. (2020). Behind the definition of industry 4.0: Analysis and open questions. *International Journal of Production Economics*, 226(8), 1-12.

D'Ippolito, B., Petruzzelli, A.M., & Panniello, U. (2019). Archetypes of incumbents' strategic responses to digital innovation. *Journal of Intellectual Capital*, 20(5), 662-679.

Dalmacro, G., Ramalho, F.R., Barros, A.C., & Soares, A.L. (2019). Providing industry 4.0 technologies: The case of production technology cluster. *The Journal of High Technology Management Research*, 30(2), 1-10.

Damschroder, L.J., Aron, D.C., Keith, R.E., Kirsh, S.R., Alexander, J.A. & Lowery, J.C. (2009). Fostering implementation of health services research findings into practice: A consolidated framework for advancing implementation science. *Implementation Science*, 4(1), 1-15.

Data México (2022) Fabricación de maquinaria y equipo para la industria metalmecánica https://datamexico.org/es/profile/industry/metalworking-machinery-manufacturing?yearsMunNoSector=option3

Datamexico.org (2022) Industria Química https://datamexico.org/es/profile/industry/chemical-manufacturing?genderOrInformal=genderOption&occupationMetrics=workforceOption

Decker, A., & Jersfeldt, L.M. (2017). Digital enable platforms: Generating innovation and entrepreneur opportunities for SMEs. In Tesar, G. and Vincze, Z. (Eds.), *Motivating SMEs to Cooperate and Internationalize*. London: Routledge.

Demeter, K., Losonci, D., Nagy, J., & Horváth, B. (2019). Tapasztalatok az ipar 4.0 val-egy esetalapú elemzes. *Budapest Management Review*, 50(4), 11-23.

Department for Transportation (2016). *Department for Transportation Annual Report and Accounts 2016-17*. New York: Department for Transportation.

Dev, N.K., Shankar, R., & Swami, S. (2019). Diffusion of green products in industry 4.0: Reverse logistics issues during design of inventory and production planning systems. *International Journal of Production Economics*, 223(5), 1-12.

Doh, S., & Kim, B. (2014). Government support for SME innovations in the regional industries: the case of government financial support program in South Korea. *Responsible Policy,* 43(15), 1557- 1569.

Dorst, K. (2015*). Frame Innovation*. Cambridge, MA: MIT Press.

Dos Santos, L.M., Da Costa, M.B., Kothe, J.V., Benitez, G.B., Schaefer, J.L., Baierle, I.C., & Benitez-Nara, E.O. (2021). Industry 4.0 collaborative networks for industrial performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32(2), 245-265.

Douma, F., & Palodichuk, S.A. (2012). Criminal liability issues created by autonomous vehicles. *Santa Clara Law Review*, 52(4), 1157-1166.

Drath, R., & Horch, A. (2014). Industry 4.0: Hit or hype? *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 8(2), 56-58.

Dubey, R., & Bag, S. (2013). Exploring the dimensions of sustainable practices: An empirical study on Indian manufacturing firms. *International Journal of Operations and Quantitative Management*, 19(2), 123-146.

Dubey, R., Bag, S., & Ali, S.S. (2014). Green supply chain practices and its impact on organizational performance: An insight from Indian rubber industry. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 19(1), 20-42.

Dutta, G., Kumar, R., Sindhwani, R., & Singh, R.K. (2020). Digital transformation priorities of Indian's discrete manufacturing SMEs: A conceptual study in perspective of industry 4.0. *Competitive Review*, 30(3), 289-314.

Dziallas, M. (2020). How to evaluate innovative ideas and concepts at the front-end? A front-end perspective of the automotive innovation process. *Journal of business research*, 110(3), 502-518.

Encuesta Anual Manufacturera, Dane-Dian (2022) Generalidades de la cadena productiva https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Empresarial/metalmecanica.pdf

Etezadzadeh, C. (2015). *Smart City–Future City? Mart City 2.0 as a Livable City and Future Market*. London: Springer.

Expansión – Datos Macro 2022 Índice de Producción industrial https://datosmacro.expansion.com/negocios/produccion-industrial

Farahani, P., Meier, C., & Wilke, J. (2017). Digital supply chain management agenda for the automotive supplier industry. In Oswald, G. and Kleinemeier, M. (Eds.), *Shaping the Digital Enterprise*, Switzerland: Springer.

Fareri, S., Fantoni, G., Chiarello, F., Coli, E., & Binda, A. (2020). Estimating industry 4.0 impact on job profiles and skill using text mining. *Computers in Industry*, 118(6), 1-14.

Fortune, A., & Mitchell, W. (2012). Unpacking firm exit at the firm and industry levels: The adaptation and selection of firm's capabilities. *Strategic Management Journal*, 33(7), 794-819.

Forum World Economic (2020). *World Economic Forum*. Retrieved from World Economic Forum: https://www.weforum.org/

Frank, G., Dalenogare, L., & Ayala, N. (2019). Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies. *International Journal of Production Econ*omic, 210(4), 15-26.

Fritschy, C., & Spinler, S. (2019). The impact of autonomous trucks on business models in the automotive and logistics industry–a Delphi-based scenario study. *Technological Forecasting and Social Change*, 148(11), 1-11.

Galati, F., & Bigliardi, B. (2019). Industry 4.0: Emerging themes and future research avenues using a text mining approach. *Computers in Industry*, 109(8), 100-113.

Ganzarain, J., & Errasti, N. (2016). Three stage maturity model in SMEs toward industry 4.0. *Industrial Engineering Management*, 9(5), 1119-1128.

Gao, P., Muller, N., Kaas, W., Mohr, D., Wee, D., Hensley, R., & Kohler, D. (2016). *Automotive Revolution Perspective Towards 2030.* London: McKinsey Report.

Ghanbari, A., Laya, A., Alonso-Zarate, J., & Markendahl, J. (2017). Business development in the internet of things: A matter of vertical corporation. *IEEE Communications Magazine*, 55(2), 135-142.

Ghobakhloo, M. (2018). The future of manufacturing industry: A strategic roadmap toward industry 4.0. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 29(6), 910-936.

Ghobakhloo, M. (2020). Industry 4.0 digitalization, and opportunities for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 252(4), 1-11.

Ghobakhloo, M., & Ching, N.T. (2019). Adoption of digital technologies of smart manufacturing in SMEs. *Journal of Industrial Information Integration*, 16(12), 1-12.

Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*. Berkeley, CA: Apress.

Glancy, D.J. (2012). Privacy in autonomous vehicles. *Santa Clara Law Review*, 52(4), 1171-1173.

Grant, R. (1991). The resource-based theory of competitive advantage. Implications for strategy. *California Management Review*, 33(3), 114-135.

Greenblatt, J.B., & Shaheen, S. (2015). Automated vehicles, on demand mobility, and environmental impacts. *Current Sustainable/Renewable Energy Report*, 2(3), 74-81.

Guglielmetti-Mugion, R., Toni, M., Di Pietro, L., Lasca, M.G., & Renzi, M.F. (2019). Understanding the antecedents of car-sharing usage: An empirical study in Italia. *International Journal of Quality and Service Science*, 11(4), 1-12.

Gummesson, E., Mele, C., Polese, F., Mele, C., Spena, T.R., & Colurcio, M. (2010). Co-creating value innovation through resource integration. *International Journal of Quality and Service Science*, 2(1), 60-78.

Hal Open Science (2019) Analysis of the opportunities of industry 4.0 in the aeronautical sector https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02063948/document

HAL Open Science (2019) Industria Aeronáutica http://www.2006-2012.economia.gob.mx/comunidad-negocios/industria-y-comercio/informacion-sectorial/aeronautico

Hal Open Science (2020). Industria Aeronáutica http://www.2006-2012.economia.gob.mx/comunidad-negocios/industria-y-comercio/informacion-sectorial/aeronautico

Hamel, G., & Prahalad, C. (1995). *Compitiendo por el futuro.* Barcelona: Ariel.

Haseeb, M., Hussain, H.I., Slusarczyk, B., & Jermsittiparset, K. (2019). Industry 4.0: A solution towards technology challenges of sustainable business performance. *Social Science*, 8(5), 2-24.

Heck, S., & Rogers, M. (2014). Are you ready for the resource revolution. *McKinsey Quarterly*, 2(1), 32-45.

Hecklaud, F., Galeitzke, M., Flachs, S., & Kohl, H. (2016). Holistic approach for human resource management in industry 4.0. *Procedia CIRP*, 54(1), 1-6.

Hermann, M., Bücker, I., & Otto, B. (2019). Industry 4.0 process transformation: Findings from a case study in automotive logistics. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(5), 935-953.

Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016). Design principles for industry 4.0 scenarios. *IEEE 49th Hawaii International Conference on Systems Science*, pp. 3928-3937.

Horváth, D., & Szabó, R.Z. (2019). Driving forces and barriers of industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? *Technological Forecasting and Social Change*, 146(1), 119-132.

Indicador Mensual de la Actividad Industrial (IMAI) (INEGI, 2022). Índice Base 2013: 100% https://www.inegi.org.mx/temas/imai/

Industria Aeroespacial (2022) https://www.mms-mexico.com/articulos/industria-aeroespacial-en-mexico-oportunidades-y-nuevas-fronteras

Industrial Development Report (2018). Demand for manufacturing: Driving inclusive and sustainable industrial development. Available at: https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/2537IDR2018_FULL_REPORT_1.pdf. Accessed 4 November 2022.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2018). *Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte 2018 (SCIAN 2018)*. México: INEGI. https://www.inegi.org.mx/app/scian/.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2021). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE)*. México: INEGI.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2022) Colección de estudios sectoriales y regionales, industria textil y confección https://www.inegi.org.mx/contenido/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825195649.pdf

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2022) Conociendo la industria textil y de la confección https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2020/OtrTemEcon/Indtiatextil2020.pdf

Ito, A., Ylipää, T., Gullander, P., Bokrantz, J., Centerholt, V., & Skoogh, A. (2021). Dealing with resistance to the use of industry 4.0 technologies in production disturbance management. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32(9), 285-303.

Jackson, T. (2009). *Prosperity without Growth: Economics for a Finite Planet.* London: Earthscan.

Jaeger, B., & Upadhyay, A. (2020). Understanding barriers to circular economy: Case from the manufacturing industry. *Journal of Enterprise Information Management*, 33(4), 729-745.

Jain, S., & Garg, R. (2007). *Business Competitiveness: Strategies for Automobile Industry*. Doctoral dissertation. India: Indian Institute of Management Kozhikode.

Johanneson, J., & Palona, I. (2010). The dynamics of strategy capability. *International Business Research*, 3(1), 3-12.

Johansson, P.E.C., Malmsköld, L., Fast-Berglund, A., & Moestam, L. (2019). Challenges of handling assembly information in global manufacturing companies. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(5), 935-953.

Juárez, P. (2022). Crecerá 16% industria aeroespacial en 2022. A21. https://a21.com.mx/index.php/aeroespacial/2022/07/14/crecera-16-industria-aeroespacial-en-2022

Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0. Final Report of the Industry 4.0.* Germany: Acatech Frankfurt an Main.

Kamble, S.S., Gunasekaran, A., & Sharma, R. (2018). Analysis of the driving and dependence power of barriers to adopt industry 4.0 in Indian manufacturing industry. *Computer in Industry*, 101(1), 107-119.

Kang, H.S., Lee, J.Y., Choi, S., Kim, H., Park, J.H., Kim, B.H., & Do-Noh, S. (2016). Smart manufacturing: Past research, present findings, and future directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing: Green Technology*, 3(1), 111-128.

Kiel, D., Müller, J.M., & Voigt, K.I. (2017). Sustainable industrial value creation: Benefits and challenges of industry 4.0. *International Journal of Innovation Management*, 21(8), 1-34.

Kin, A. (2010). *Exploring the linkages between strategic capabilities and hrm in the Korean management consulting industry*. *Doctoral dissertation.* New Jersey: State University of New Jersey.

Klingenberg, C.O., Borges, M.A., & Antunes, J.A. (2019). Industry 4.0 as a data-driven paradigm: A systematic literature review on technologies. *Journal of Manufacturing Technology Management,* 32(3), 570-592.

Koh, L., Orzes, G., & Jia, F. (2019). The fourth industrial revolution (Industry 4.0): Technologies disruption on operations and supply chain management. *International Journal of Operations and Production Management*, 39(6), 817-828.

Kolberg, D., Knobloch, J., & Zühlke, D. (2017). Towards a lean automation interface for workstations. *International Journal of Production Research*, 55(10), 2845-2856.

Köning, M., & Neumayr, L. (2017). Users' resistance towards radical innovations: The case of the self-driving car. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behavior*, 44(1), 42-52.

Kotarba, M. (2018). Digital transformation of business models. *Found. Management*, 10(1), 123-142.

Kotter, J., & Schlesinger, L. (2008). Choosing strategies for change. *Harvard Business Review*, 57(1), 106-114.

Kovacs, O. (2018). The dark corners of industry 4.0: Grounding economic governance 2.0. *Technology in Society*, 55(1), 140-145.

Kumar, G., Bakshi, A., Khandelwal, A., Panchal, A., & Soni, U. (2022). Analyzing industry 4.0 implementation barriers in Indian SMEs. *Journal of Industrial Integration Management*, 7(1), 153-169.

Kusiak, A. (2018). Smart manufacturing. *International Journal of Production Res*earch, 56(1/2), 508-517.

Kusiak, A. (2018). Smart manufacturing. *International Journal of Production Research*, 56(1/2), 508-517.

Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business and Information Systems Engineering*, 6(4), 239-242.

Lee, J., Bagheri, B., & Jin, C. (2016). Introduction to cyber manufactory. *Manufacturing Letters*, 8(1), 11-15.

Lee, J., Jin, C., & Bagheri, B. (2017). Cyber physical systems for predictive production systems. *Production Engineering*, 11(2), 155-165.

Leos, S., Sopko, J., Bednar, S., & Poklemba, R. (2018). Concept of SME business model for industry 4.0 environment. *TEM Journal*, 7(3), 626-637.

Levinson, J., Askeland, J., Becker, J., Dolson, J., Held, D., Kammel, S., Kotler, J.Z., Langer, D., Pink, O., Pratt, V., Sokolsky, M., Stanked, J., Stavens, D., Teichman, A., Werling, M., & Thrun, S. (2011). Towards fully autonomous driving: Systems and algorithms. *Intelligent Vehicles Symposium*, 32(14), 163-168.

Li, L. (2018). China's manufacturing locus in 2025: Whit a comparison of made in China 2025 and industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 135(1), 66-74.

Liao, Y., Deschamps, F., Loures, F., & Ramos, L. (2017). Past, present, and future of Industry 4.0. A systematic literature review and research agenda proposal. *International Journal of Production Research*, 55(12), 3609-3629.

Liu, Y., & Xu, X. (2016). Industry 4.0 and cloud manufacturing: A comparative analysis. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 139(3), 1-8.

Ljungquist, U. (2007). Scarification of core competence and associated components: A proposed model and a case illustration. *European Business Review*, 20(1), 73-90.

Llopis-Albert, C., Rubio, F., v, & Valerio, F. (2021). Impact of digital transformation on the automotive industry. *Technological Forecasting and Social Change*, 162(1), 1-10.

Magistretti, S., Dell'Era, C., & Petruzzelli, A.M. (2019). How intelligent is Weston? Enabling digital transformation through artificial intelligence. *Business Horizons*, 62(6), 819-829.
Maritan, C. (2001). Capital investment as investing in organizational capabilities: an empirically grounded process model. *Academy of Management Journal*, 44(3), 513-531.
Masood, T., & Sonntag, P. (2020). Industry 4.0: Adoption challenges and benefits for SMEs. *Computers in Industry*, 121(10), 1-12.
Matt, D.T., & Rauch, F. (2020). SME 4.0: The role of small and medium-sized enterprises in the digital transformation. In Matt, D.T., Modrák, V. and Zsifkovits, H. (Eds.), *Industry 4.0 for SMEs: Challenges, Opportunities and Requirements*. Switzerland: Palgrave Macmillan, pp. 3-36.
Matt, D.T., Rauch, F., & Fraccaroli, D. (2016). Smart factory für den Mittelstand. *Wirtschaft Fabrik*, 111(12), 52-55. mexico.bciaerospace.com (2022) Industria Aeroespacial Global https://mexico.bciaerospace.com/index.php/es/participantes/industria-aerospacial-en-mexico
Mittal, S., Khan, M.A., Purohit, J.K., Menon, K., Romero, D., & Wuest, T. (2019). A smart manufacturing adoption framework for SMEs. *International Journal of Production Research*, 58(5), 1555-1573.
Mittal, S., Khan, M.A., Romero, D., & Wuest, T. (2018). A critical review of smart manufacturing & industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). *Journal of Manufacturing Systems*, 49(1), 194-214.
Moeuf, A., Lamouri, S., Pellerin, R., Tamayo-Giraldo, S., Tobon-Valencia, E., & Fburdy, R. (2020). Identification of critical success factor, risks, and opportunities of industry 4.0 in SMEs: *International Journal of Production Research*, 58(5), 1384-1400.
Moeuf, A., Pellerin, R., Lamouri, S., Tamayo-Giraldo, S., & Barbaray, R. (2018). The industrial management of SMEs in the era of industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(3), 1118-1136.
Mohamed, M. (2018). Challenges and benefits of industry 4.0: An overview. *International Journal of Supply and Operations Management*, 5(3), 256-265.
Mokyr, J. (1998). The political economy of technological change: Resistance and innovation in economic history. In Berg, M. and Bruland, K. (Eds.), *Technological Revolutions in Europe*. London: Edward Elgar Publishing, pp. 39-64.
Montresor, S. (2004). Resources, capabilities, competencies, and the theory of the firm. *Journal of Economic Studies*, 31(5), 409-434.
Muhammad, N.H., & Di Maria, E. (2022). Customer participation in new product development: An industry 4.0 perspective. *European Journal of Innovation Management*, 25(6), 637-655.
Müller, J., Buliga, O., & Voigt, K.I. (2018a). Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovations in industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 132(7), 2-17.
Müller, J., Kiel, D., & Voigt, K.I. (2018b). What drivers the implementation of industry 4.0? The role of opportunities and challenges in the context of sustainability. *Sustainability*, 10(1), 247-263.
Nagy, J. (2019). Az ipar 4.0 fogalma és kritikus kérdései: Vállalati interjúk alapján. *Budapest Management Review*, 50(1), 14-26

Nahtigal, M., & Bertoncelj, A. (2013). Ownership restructuring in transition societies from historic perspective. *Acta Histrae*, 21(3), 449-466.

Nascimento, D.L.M., Alecastro, V., Quelhas, O.L.G., Caiado, R.G.G., Garza-Reyes, J.A., Rocha-Lona, L., & Tortorella, G. (2019). Exploring industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(3), 607-627.

Neto, G.C.O., Leite, R.R., Shibao, F.Y., & Lucato, W.C. (2017). Framework to overcome barriers in the implementation of cleaner production in small and medium-sized enterprises: Multiple case studies in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 142(1), 50-62.

Nielsen, T.A.S., & Haustein, S. (2018). On Sceptics and enthusiasts: What are the expectations towards self-driving cars? *Transport Policy*, 66(1), 49-55.

Nordhoff, S., van Arem, B., & Happee, R. (2016). Conceptual model to explain, predict, and improve users' acceptance of driverless podlike vehicles. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2602(1), 60-67.

Nosalska, K., Piatek-Zbigniew, M., Mazurek, G., & Rzadca, R. (2019). Industry 4.0: Coherent definition framework with technological and organizational interdependencies. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(5), 837-862.

Obal, M. (2017). What drivers pot-adoption usage? Investigating the negative and positive antecedents of disruptive technology continuous adoption intentions. *Industrial Marketing Management*, 63(1), 42-52.

Obermayer, N., & Csizmadia, T. (2022). Influence of industry 4.0 technologies on corporate operation and performance management from human aspects. *Meditari Accountancy Research*, 30(4), 1027-1049.

OECD (2017). *The Next Production Revolution*. Paris: OECD Publishing.

OECD. (2018). *Oslo manual - guidelines for collecting, reporting, and using data on innovation.* Paris: OECD.

Oesterreich, T.D., & Teuteberg, F. (2016). Understanding the implications of digitalization and automation in the context of industry 4.0: A triangulation approach and elements of a research agenda for the construction industry. *Computers in Industry*, 83(1), 121-139.

Olsen, T.L., & Tomlin, B. (2020). Industry 4.0: Opportunities and challenges for operations management. *Manufacturing and Service Operations Management*, 22(1), 113-122.

Osterrieder, P., Budde, L., & Friedi, T. (2019). The smart factory as a key construct of industry 4.0: A systematic literature review. *International Journal of Production Economics*, 221(3), 1-10.

Paluch, S., Antons, D., Brettel, M., Hopp, C., Salge, T., Piller, F., & Wentzel, D. (2019). Stage- gate and agile development in the digital age: Promises, perils, and boundary conditions. *Journal of Business Res*earch, 110(3), 1-10.

Pardo-Del Val, M, & Martínez-Fuentes, C. (2003). Resistance to change: A literature review and empirical study. *Management Decision*, 41(2), 148-155.

Pawan, P.J., Narula, S., Audretsch, D., Puppala, H., & Kumar, A. (2022). Adopting new technology is a distant dream? The risk of implementing industry 4.0 in emerging economy SMEs. *Technological Forecasting and Social Change*, 185(1), 1-16.

Piccarozzi, M., Aquilani, B., & Gatti, C. (2018). Industry 4.0 in managing studies: A systematic literature review. *Sustainability*, 10(10), 3821-3835.
Piccinini, E., Hanelt, A., Gregory, R., & Kolbe, L. (2015). Transforming industrial business: the impact of digital transformation on automotive organizations. *Proceedings of the 36th International Conference on Information Systems (ICIS).* TX: Fort Worth.
Porter, M.E., & Heppelmann, J.E. (2014). How smart connected products are transforming companies. *Harvard Business Review*, 29(11), 64-88.
ProMéxico: Unidad de Inteligencia de Negocios (2018) Industria Química Mexicana hacia la Química 4.0 https://irp-cdn.multiscreensite.com/0b2ce1fd/files/uploaded/Proméxico_La%20Industria%20Qu%C3%ADmica%20Mexicana%20hacia%20la%20Qu%C3%ADmica%204.0.pdf
Pulido, B. (2010). Teoría de los recursos y capacidades el foco estratégico centrado en el interior de la organización. *Sotavento MBA*, 7(1), 54-60.
Radzi, N.M., Shamsuddin, A., & Wahab, E. (2017). Enhancing the competitiveness of Malaysian SMEs through technological capability: A perspective. *Social Science*, 12(4), 719-724.
Raj, A., Dwivedi, G., Sharma, A., de Souza-Jabbour, A.B., & Rajak, S. (2020). Barriers to the adoption of the industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: An inter-country comparative perspective. *International Journal of Production Economics*, 224(6), 1-10.
Rauch, E., Dallasega, P., & Linder, C. (2018). Industry 4.0 as an enabler of proximity for construction supply chains: A systematic literature review. *Computer in Industry*, 99(1), 205-225.
Riasanow, T., Galic, G., & Bohm, M. (2017). *Digital transformation in the automotive industry: towards a generic value network.* Guimaraes, Portugal: Conference: European Conference on Information Systems.
Roman, R., Zhou, J., & López, J. (2013). On the features and challenges of security and privacy in distributed internet of things. *Computer Networks*, 57(10), 2266-2279.
Rübmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. *Boston Consulting Group*, 9(1), 54-89.
Safiq, S., Sanin, C., Szczerbicki, E., & Toro, C. (2016). Virtual engineering factory: Creating experience base for industry 4.0. *Cybernetics and Systems*, 47(1/2), 32-47.
Schlenchtendahl, J., Keinert, M., Kretschmer, F., Lechler, A., & Veri, A. (2015). Making existing production systems industry 4.0-ready. *Production Engineering*, 9(1), 143-148.
Schoenherr, T., & Speier-Pero, C. (2015). Data science, predictive analytics, and *big data* in supply chain management: Current state and future potential. *Journal of Business Logistics*, 36(1), 120-132.
Schoettle, B., & Sivak, M. (2014). *A survey of public opinion about autonomous and self-driving vehicles in the US, UK, and Australia*. Sydney: Report UMTRI-2014-21 University of MI Ann Arbor.
Schreyogg, G., & Kliessh-Eberl, M. (2007). How dynamic can organizational capabilities be? Towards a dual-process model of capability dynamization. *Strategic Management Journal*, 28(9), 913-933.
Secretaría de Economía (2020) Industria Aeronáutica en México https://www.economia.gob.mx/files/Monografia_Industria_Aeronautica.pdf
Sector Aeroespacial de México (2020) https://www.icex.es

Sector Aeroespacial de México (2021) Industria Aeroespacial en México oportunidades y nuevas fronteras https://www.mms-mexico.com/articulos/industria-aeroespacial-en-mexico-oportunidades-y-nuevas-fronteras

Sharma, S., & Vredenburg, H. (1988). Proactive corporate environmental strategy and the development of competitively valuable organizational capabilities. *Strategic Management Journal*, 19(8), 729-753.

Sharp, R., Lopik, K., Neal, A., Goodall, P., Conway, P., & West, A. (2019). An industrial evaluation of an Industry 4.0 reference architecture demonstrating the need for the inclusion of security and human components. *Computation in Industry*, 108(6), 37-44.

Silberg, G., Wallace, R., Matuszak, G., Plessers, J., Brower, C., & Subramanian, D. (2012). Self-driving cars: The next revolution. *White Paper, KPMG LLP and Center of Automotive Research*, Vol. 36.

Simonji-Elias, M., Collyer, M., Johnston, M., Lichtenfeld, L., Lund, J., & Staiger, J. (2014). *KPMG's Global Automotive Executive Survey 2014.* New York: KPMG International.

Slusarczyk, B. (2018). Industry 4.0: Are we ready? *Polish Journal of Management Studies*, 17(1), 232-248.

Snieska, V., Navickas, V., Havierniková, K., Okreglika, M., & Gadla, W. (2020). Technical, information, and innovation risk of industry 4.0 in small and medium-sized enterprises: Case of Slovakia and Poland. *Journal of Business Economics Management*, 21(5), 1260-1284.

Snow, C.C., Fjeldstad, O.D., & Langer, A.M. (2017). Designing the digital organization. *Journal of organizational Design*, 6(1), 7-18.

Sommer, L. (2015). Industrial revolution – industry 4.0: Are German manufacturing SMEs the first victims of the revolution? *Journal of Industrial Engineering Management*, 8(5), 1512-1532.

Somos Industria (2022) Empresas del sector aeroespacial y automotriz https://www.somosindustria.com/articulo/reunen-a-empresas-del-sector-aeroespacial-y-automotriz/

Song, C., Qu, Z., Blumm, N., & Barabasi, A.L. (2010). Limits of predictability in human mobility. *Science*, 327(5968), 1018-1021.

SPCPRO (2022) La industria aeroespacial en México https://spcpro.com/2022/09/la-industria-aeroespacial-en-mexico/

Stanton Chase (2017). 2017 global industrial survey: Leadership in the industrial landscape. Available at: https://www.stantonchase.com/wp-content/uploads/2017/04/2017-Global-Industrial-Survey.pdf. Accessed 20 November 2022.

Staufen (2018). German Industry 4.0 Index 2018. Available at: https://www.staufen.ag/fileadmin/HQ/02-Company/05-Media/2-Studies/STAUFEN-Study-Industry-4.0-Index-2018-Web-DE-en.pdf. Accessed 20 November 2022.

Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0. *Procedia CIRP*, 40(1), 536-541.

Stock, T., Obenaus, M., Kunz, S., & Kohl, H. (2018). Industry 4.0 as enabler for a sustainable development: A qualitative assessment of its ecological and social potential. *Process Safety and Environmental Protection*, 118(8), 254-267.

Strozzi, F., Colicchia, C., Creazza, A., & Noe, C. (2017). Literature review on the smart factory concept using bibliometric tools. *International Journal of Production Research*, 55(22), 6572-6591.

Szalavetz, A. (2019). Industry 4.0 and capability development in manufacturing subsidiaries. *Technological Forecasting and Social Change*, 145(2), 384-395.
Tellis, G.J. (2006). Disruptive technology or visionary leadership? *The Journal of Product Innovation Management*, 23(1), 34-38.
Theorin, A., Bengtsson, K., Provost, J., Lieder, M., Johnsson, C., & Lundholm, T. (2017). An event-driven manufacturing information system architecture for Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 55(5), 1297-1311.
Thoben, K., Wiesner, S., & Wuest, T. (2017). Industry 4.0 and smart manufacturing: A review of research issues and applications examples. *International Journal of Automation Technology*, 11(1), 4-16.
Toni, M., Renzi, M.F., Pasca, M.G., Guglielmetti, M.R., di Pietro, L., & Ungaro, V. (2021). Industry 4.0: An empirical analysis of users' intention in the automotive industry. *International Journal of Quality and Service Sciences*, 13(4), 563-584.
Tortorella, G.L., Vergara, A.M., Garza-Reyes, J.A., & Sawhney, R. (2020). Organizational learning paths based upon industry 4.0 adoption: An empirical study with Brazilian manufacturers. *International Journal of Production Economics*, 219(2), 284-294.
TradeMap-2022 Sector metalmecánico Comercio Exterior Importancia comercial del Sector para México https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/330048/TLCUEM_ficha_Metalme_canico.pdf
Troppe, W. (2014). Energy implications of autonomous vehicles: Imaging the possibilities. RMI Outlet (blog), Rocky Mountain Institute. Available at: https://blog.rmi.org/blor_2014_09_09_energy_implications_of_autonomous_vehicles_pdf. Accessed 14 November 2022.
Tseng, M.L., Tan, R.R., Chiu, A.S., Chien, C.F., & Kuo, T.C. (2018). Circular economy meets industry 4.0: Can *big data* drive industrial symbiosis? *Resource, Conservation and Recycling*, 131(1), 146-157.
UN (Unites Nations) (2015). *Water for a Sustainable World*. New York: United Nations.
Unidad de Inteligencia de Negocios (2018) https://irp-cdn.multiscreensite.com/0b2ce1fd/files/uploaded/Proméxico_La%20Industria%20Qu%C3%ADmica%20Mexicana%20hacia%20la%20Qu%C3%ADmica%204.0.pdf
Unidad de Inteligencia de Negocios (2022) https://irp-cdn.multiscreensite.com/0b2ce1fd/files/uploaded/Proméxico_La%20Industria%20Qu%C3%ADmica%20Mexicana%20hacia%20la%20Qu%C3%ADmica%204.0.pdf
Usai, A., Fiano, F., Petruzzelli, A.M., Paoloni, P., Briamonte, M.F., & Orlando, B. (2021). Unveiling the impact of the adoption of digital technologies on firms' innovation performance. *Journal of Business Research*, 133(1), 327-336.
Veeraraghavan, S., & Punjabi, A. (2018). How SAP's intelligent enterprise can help technology, media, and telecom (TMT) companies in their connected supply chain journey towards industry 4.0 evolution. PriceWaterhouseCooper Report. Available at: https://www.pwc.com/us/en/services/alliances/assets/pwc-sap-intelligence-enterprise-and-industry-4-0.pdf. Accessed 14 November 2022.
Veile, J.W., Kiel, D., Müller, J.M., & Voig, K.I. (2019). Lessons learned from industry 4.0 implementation in the German manufacturing industry. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(5), 977-997.

Veile, J.W., Schmidt, M.C., Müller, J., & Voigt, K.I. (2020). Relationship follows technology: How industry 4.0 reshapes future buyer-supplier relationships. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32(6), 1245-1266.

Veza, I., Mladineo, M., & Gjeldum, N. (2015). Managing innovative production network of smart factories. *IFAC PapersOnLine*, 8(3), 555-560.

Walker, G.H., Stanton, N.A., & Young, M.S. (2001). Where is computing driving cars? *International Journal of Human-Computer Interaction*, 13(2), 203-229.

Wang, B. (2018). The Future of Manufacturing: A New Perspective. *Engineering*, 4(5), 722-728.

WEF (World Economic Forum) (2020). *The Global Risks Report 2020.* Switzerland: WEF

Weking, J., Stöcker, M., Kowalkiewicz, M., Böhm, M., & Krcmar, H. (2020). Leveraging industry 4.0: A business model pattern framework. *International Journal of Production Economics*, 225(7), 1-10.

Wells, P., Wang, X., Wang, L., Lui, R., & Orsato, R. (2020). More friends than foes? The impact of automobility-as-a-service on the incumbent automotive industry. *Technological Forecasting and Social Change*, 154(5), 1-12.

Wernerfelt, B. (1984). a resource-based view of the firm. *Strategic Management Journal*, 5(2), 272- 280.

Winkelhake, U. (2019). Challenges in the digital transformation of the automotive industry. *ATZ World*, 121(1), 34-36.

Winter, S. (2003). Understanding Dynamic Capabilities. *Strategic Management Journal*, 24(10), 991- 995.

World Economic and Social Survey (2013). Sustainable development changes. Available at: https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/2843WESS2013.pdf. Accessed on 4 November 2022.

Wynstra, F., Spring, M., & Schoenherr, T. (2015). Service triads: A research agenda for buyer-supplier-customer triads in business services. *Journal of Operations Management*, 35(1), 1-20.

Xu, L.D., Xu, E.L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: State of the art and future trends. *International Journal of Production Research*, 56(8), 2941-2962.

Yadav, G., Kumar, A., Luthra, S., Garza-Reyes, J.A., Kumar, V., & Batista, L. (2020). A framework to achieve sustainability in manufacturing organizations of developing economies using industry 4.0 technologies enablers. *Computers in Industry*, 122(11), 1-12.

Yao, X., Zhou, J., Lin, Y., Li, Y., Yu, H., & Liu, Y. (2019). Smart manufacturing based on cyber-physical systems and beyond. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 30(8), 2805-2817.

Yin, Y., Stecke, K., & Li., D. (2018). The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 56(1/2), 848-861.

Ylipää, T., Skoogh, A., Bokrantz, J., & Gopalakrishnan, M. (2017). Identification of maintenance improvement potential using OEE assessment. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 66(1), 126-143.

Yoo, Y., Henfridsson, K., & Lyytinen, K. (2010). Research commentary: the new organizing logic of digital innovation: an agenda for information systems research. *Information Systems Research.*, 21(4), 724-735.

Zangiacomi, A., Pessot, E., Formasiero, R., Bertetti, M., & Sacco, M. (2020). Moving towards digitalization: A multiple case study in manufacturing. *Production Planning and Control*, 31(2/3), 143-157.

Zhang, Y., Ren, S., Liu, Y., & Si, S. (2017). A *big data* analytics architecture for cleaner manufacturing and maintenance processes of complex products. *Journal of Cleaner Production*, 142(5), 626-641.

Zhao, J., Liang, B., & Chen, Q. (2018). The key technology toward the self-driving car. *International Journal of Intelligent Unmanned Systems*, 6(1), 1-12.

Zheng, T., Ardolino, M., Bacchetti, A., Perona, M., & Zanardini, M. (2020). The impacts of industry 4.0: A disruptive survey in the Italian manufacturing sector. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31(5), 1085-1015.

Zhong, R., Xu, X., Klotz, E., & Newman, S. (2017). Intelligent manufacturing in the context of Industry 4.0: A review. *Engineering*, 3(5), 616-630.

Se terminó de diagramar en noviembre de 2023
en los Talleres Gráficos de
Prometeo Editores, S.A de. C.V.
Libertad 1457, Col. Américana,
C.P. 44160, Guadalajara, Jalisco

Hecho en México / Made in Mexico

Diseño de portada y diagramación:
Paola Alejandra Camarena Ramos






En un mundo con más de ocho mil millones de personas, la creciente demanda de bienes y servicios ha causado una explotación excesiva de recursos no renovables, acelerando el calentamiento global por emisiones de CO_2. "Industria 4.0: Sostenibilidad y Transformación Empresarial" propone cambiar la producción industrial para resolver este problema.

El libro explora cómo la comunidad científica, académica y empresarial colabora ante este desafío. Sugiere usar materiales reciclables y energías renovables en la fabricación para mejorar el entorno. Pero esta transformación tiene obstáculos.

Aunque la Industria 4.0 es un cambio importante, su adopción tiene desafíos. Costos y falta de colaboración en cadenas de suministro dificultan su implementación. Habilidades y falta de infraestructura frenan su avance en economías en desarrollo.

El libro destaca la Industria 4.0 para empresas, especialmente en economías emergentes como México, para metas ambientales y de sostenibilidad en los industrias metalmecánica, automotriz, aeronáutica, química y textil de la industria manufacturera. Sin embargo, necesita una red sólida para conectar recursos y personas.

El objetivo central de la Industria 4.0 es fusionar valor y producción en empresas inteligentes. La integración horizontal y vertical permitirá intercambios automáticos, conectando productos, maquinaria, empleados y consumidores. "Industria 4.0: Sostenibilidad y Transformación Empresarial" promueve sistemas de producción adaptables para los desafíos actuales.

Este libro es esencial para interesados en sostenibilidad industrial, innovación empresarial y tecnología en la creación de un futuro equitativo y sostenible.

e-ISBN: 978-607-8909-71-1



e-ISBN: 978-607-59567-6-3





Zapopan, Jal. a 12 de Julio de 2023

Dr. Gonzalo Maldonado Guzmán
Universidad Autónoma de Aguascalientes

Asunto:
Dictamen de aceptación de la obra

El Comité Científico de la revista **Scientia et PRAXIS**, adscrita a la Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Innovación S.C. (**AMIDI**), se reunió para atender la invitación para dictaminar el libro:

"La Industria 4.0 en las Empresas Manufactureras de México"

Cuyos autores de la obra son:
Dr. Gonzalo Maldonado Guzmán
Dra. Sandra Yesenia Pinzón Castro

Dicho documento fue sometido al proceso de evaluación por pares doble ciego, de acuerdo a la política de la editorial, para su dictaminación de aceptación.
El proceso de evaluación para dictaminación de aceptación de obra, considera:

1. Al Comité Científico que, de forma colegiada, revisa los contenidos y propone a los dictaminadores que colaboran dentro del Consejo de Redacción, tomando en cuenta pertinencia, argumentos, enfoque de los capítulos al tema central del libro, entre otros.
2. Formalización y envío del formato de evaluación para inicio del proceso de doble ciego hacia los dictaminadores elegidos de la mencionada obra, que consta de:
   Obra en formato word tamaño carta de aprox 200 páginas que contiene:
   Prólogo, introducción y el desarrollo de once capítulos, conclusiones y referencias, con el siguiente desglose:

PRÓLOGO	
INTRODUCCIÓN	
PARTE 1. Metodología, Conceptualización, Principios, Beneficios e Industria 4.0	
Capítulo 1	Metodología



Capítulo 2	Conceptualización de la Industria 4.0
Capítulo 3	Principios de la Industria 4.0
Capítulo 4	Beneficios de la Industria 4.0
Capítulo 5	La Industria 4.0 a Nivel Global
PARTE 2. Implementación en diferentes Industrias de México	
Capítulo 6	Implementación de la Industria 4.0 en la Industria Metalmecánica
Capítulo 7	Implementación de la Industria 4.0 en la Industria Aeronáutica
Capitulo 8	Implementación de la Industria 4.0 en la Industria Química
Capítulo 10	Implementación de la Industria 4.0 en la Industria Textil
PARTE 3. Reflexiones Finales	
Capítulo 11	Factores Clave de Éxito de la Industria 4.0 en la Industria Manufacturera
CONCLUSIONES	
REFERENCIAS	

3. Una vez atendidas las observaciones emitidas por los dictaminadores (ver anexos) y resueltas por los autores, el resultado resalta que el contenido del libro:

   a. Se encuentra dentro de los límites de similitud que corresponden a un trabajo inédito y original resultado de una investigación pertinente y relevante, basado en metodologías que permitieron la recopilación, el análisis de datos y la discusión de los mismos, con referencias bibliográficas actualizadas.
   b. Los capítulos contenidos en la obra, muestran claridad en el dominio del tema, congruencia y estructura consistente con el título central del libro.
   c. Las conclusiones finales de los capítulos desarrollados en torno a la obra:

      “La Industria 4.0 en las Empresas Manufactureras de México”

      se consideran que generan aportaciones importantes al estado del arte (*scientia*), al afirmar que la literatura muestra evidencia empírica que establece que el primer paso ya se ha dado, para el cambio del paradigma del modelo de producción tradicional existente en un elevado porcentaje de las empresas manufactureras de los países en vías de desarrollo y de economía emergente, como es el caso de México. Así también se aprecian aportaciones relevantes a nivel del estado de la cuestión (*praxis*) a partir de

Av. Lázaro Cárdenas 3454 int. 6,
Col. Jardines de los Arcos, C.P. 44500,
Guadalajara, Jalisco, México
Tel. Oficina. 33 3560 7860/ Cel. 3312809887
editorial@scientiaetpraxis.amidi.mx



la propuesta de una serie de recomendaciones detalladas para el sector empresarial y gubernamental.

4. Por lo anterior, el resultado del dictamen de aceptación de la obra fue:

FAVORABLE PARA SU PUBLICACIÓN

Sirva la presente para los fines que a los Interesados convengan

Atentamente

Dr. Juan Mejía-Trejo
ORCID https://orcid.org/0000-0003-0558-1943
Dirección AMIDI
direccion@amidi.mx
México

Scientia et PRAXIS



AMIDI
Academia Mexicana
de Investigación y Docencia
en Innovación

FORMATO PARA DICTAMEN DE LIBRO

Fecha de recepción de material: 30-JUNIO-2023

Fecha de elaboración de dictamen: 03-JULI-2023

Título de libro:
La Industria 4.0 en las Empresas Manufactureras de México

Área disciplinaria (marcar las que considere):

1. *Administración del Conocimiento*
2. *Economía y Sociedad*
3. *Sociedad y Ambiente*
4. *Agronegocios y Soberanía Alimentaria*
5. *Cultura de la Paz y Seguridad*
6. *Energía, Vivienda, Salud, Tierra y Agua*
7. *Administración de Negocios y Pymes*
8. *Innovación Sostenible*
9. *Planeación Estratégica*
10. *Cultura Organizacional*
11. Otro (indicar cual):

Tipo de libro (Marque con una X)			
Libro científico (difusión)	X	Libro de ejercicios	
Libro de texto (divulgación)		Monografía	
Manual de prácticas		Antología	
Otro (especifique)			

DICTAMEN GENERAL
(Marque con una X)

Contenido	Sí	No	NA
Título Claro, conciso y breve	Sí	No	NA
Contenido Interesante	Sí	No	NA
Contenido Innovador	Sí	No	NA
La introducción (Presentación, Prólogo, etc.) da cuenta del contenido y de los principales argumentos, además de justificar la pertinencia e interés de la obra	Sí	No	NA
La obra plantea objetivo (s), preguntas de investigación e hipótesis de manera precisa	Sí		NA
Existe relación en cuanto a la organización y estructura del texto	Sí	No	NA





Los capítulos guardan unidad temática respecto al título	Sí	No	NA

Argumente los puntos anteriores

Falta definir bien las hipótesis para ala argumentación de los resultados

Calidad y trascendencia del material (1. Malo; 2. No tan malo; 3. No se percibe; 4. Bueno; 5. Excelente)	1	2	3	4	5
Redacción y Estilo Científico (1. Malo; 2. No tan malo; 3. No se percibe; 4. Bueno; 5. Excelente)	1	2	3	4	5
Aportación al conocimiento o a la literatura actual (1. Malo; 2. No tan malo; 3. No se percibe; 4. Bueno; 5. Excelente)	1	2	3	4	5

Argumente los puntos anteriores

La bibliografía que soporta el trabajo, ¿más del 70% es no mayor de 10 años?	Sí	No
Fuentes de consulta de investigación son pertinentes	Sí	No
Número de autores (1.Adecuado/ 2.Excesivo)	1	2
¿La calidad, cantidad y organización de los datos presentados son consistentes con las conclusiones?	Sí	No
La obra tiene limitaciones (teóricas, metodológicas, empíricas, etc.)	Sí	No

Argumente los puntos anteriores

Esta actualizada la información completa y con un seguimiento de cada uno de los puntos. En la conclusión está bien estructurado en cada uno de los sectores

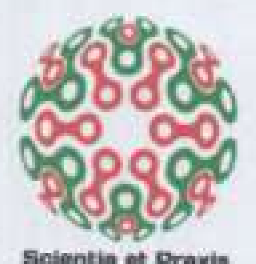
Opinión. La obra ¿debe ser publicada?	SI	SI con observaciones	No

Argumente

En forma justificar el tamaño de letra después de las tablas y los espacios de cada texto con los títulos, gráficos, tablas.

DICTAMEN RAZONADO

Scientia et PRAXIS





Comentarios y/o recomendaciones sobre el contenido, calidad, originalidad, contribución y pertinencia por capítulo o sección: *(puede agregar más hojas)*

Es importante especificar la metodología los datos que se tienen en las tablas de que me van apoyar en la investigación, con que objeto.
O que mejoras voy a tener para la aplicación de la industria 4.0

DATOS DEL DICTAMINADOR

Nombre	Araceli Durán Hernández
ORCID	0000-0002-2537-74
Doctorado en	Educación
Nivel SNI-CONAHCYT	Nivel I
Áreas de interés	TIC, Negocios, Educación e Innovación
Lugar de trabajo	Universidad de Guadalajara

Breve currículum:





Licenciatura en Administración de Empresas, con la especialidad de Recursos Humanos. En la Universidad de Guadalajara.

Licenciatura en Econometría (ITESSO)

Maestría en Mercadotecnia En la Universidad de Guadalajara.

Diplomado en Negocios Internacionales con Asia Pacifico. TEC. De Monterrey Campus Guadalajara.

Doctorado en Educación. Universidad Marista de Guadalajara. Con uso de las TIC.

Laboral.

Industria Automotriz en el área de Recursos Humanos.

Ramo Metal Mecánico en CYTSA exportación e importación, Mercadotecnia.

Ramo Hotelero en Guadalajara.

Docente. Universidad del Valle de Atemajac (UNIVA).

Universidad Cuauhtémoc Campus Guadalajara.

Firma:





FORMATO PARA DICTAMEN DE LIBRO

Fecha de recepción de material: **30-JUNIO-2023**

Fecha de elaboración de dictamen: **04-julio-2023**

Título de libro: **La Industria 4.0 en las Empresas Manufactureras de México**

Área disciplinaria (marcar las que considere):

1. *Administración del Conocimiento*
2. *Economía y Sociedad*
3. *Sociedad y Ambiente*
4. *Agronegocios y Soberanía Alimentaria*
5. *Cultura de la Paz y Seguridad*
6. *Energía, Vivienda, Salud, Tierra y Agua*
7. *Administración de Negocios y Pymes*
8. *Innovación Sostenible*
9. *Planeación Estratégica*
10. *Cultura Organizacional*
11. Otro (indicar cual):

Tipo de libro (Marque con una X)			
Libro científico (difusión)	**X**	Libro de ejercicios	
Libro de texto (divulgación)		Monografía	
Manual de prácticas		Antología	
Otro (especifique)			

DICTAMEN GENERAL
(Marque con una X)

Contenido	Sí	No	NA
Título Claro, conciso y breve	**Sí(X)**	No	NA
Contenido Interesante	**Sí(X)**	No	NA
Contenido Innovador	**Sí(X)**	No	NA
La introducción (Presentación, Prólogo, etc.) da cuenta del contenido y de los principales argumentos, además de justificar la pertinencia e interés de la obra	**Sí(X)**	No	NA
La obra plantea objetivo (s), preguntas de investigación e hipótesis de manera precisa	Sí	**No (X)**	NA
Existe relación en cuanto a la organización y estructura del texto	**Sí(X)**	No	NA





Los capítulos guardan unidad temática respecto al título	**Sí(X)**	No	NA

Argumente los puntos anteriores

El contendido de la obra es de interés y de actualidad, en sus apartados poseen información relevante y de importancia para la comprensión del fenómeno de la industria 4.0.

Los capítulos tienen conexión temática y guardan una estructura congruente en su interior. Sin embargo, es necesario que lo(a)s autore(a)s consideren un eje analítico que permita la conexión metodológica de los capítulos en su conjunto.

Esto lo posibilita el Marco teórico, que si bien los autores explicitan que aun hay discrepancia entre las disciplinas científicas que analizan la industria 4.0, lo cual impide el desarrollo de una definición aceptada por la comunidad científica en su conjunto. Quizá esto es lo que le da riqueza al trabajo, solo que es importante que los autores lo hagan explícito y sea parte importante de sus conclusiones.

La ausencia de objetivo general y objetivos específicos impide al lector observar cuál será el alcance de la investigación. Podría intuirse después de la lectura completa del documento, que uno de los objetivos es la caracterización de este tipo de industria en sectores económicos representativos. También se puede advertir que el fin es describir el proceso de inclusión de la industria 4.0 en un período de tiempo. Posiblemente lo(a)s autore(a)s tratan de avanzar en la precisión conceptual. En tal sentido, se sugiere que esto se defina desde la introducción.

En este tenor las preguntas de investigación no están explícitas y quizá por eso la información se antoja desperdigada. Definiendo preguntas explícitas, al lector de la obra le será más sencillo avanzar en cada sección.

Calidad y trascendencia del material (1. Malo; 2. No tan malo; 3. No se percibe; 4. Bueno; 5. Excelente)	1	2	3	**4 (X)**	5
Redacción y Estilo Científico (1.Malo; 2. No tan malo; 3. No se percibe; 4. Bueno; 5. Excelente)	1	2	3	**4 (X)**	5
Aportación al conocimiento o a la literatura actual (1.Malo; 2. No tan malo; 3. No se percibe; 4. Bueno; 5. Excelente)	1	2	3	**4 (X)**	5

Argumente los puntos anteriores

Es de resaltar la cantidad de información que lo(a)s autore(a)s incluyen en el documento, sobre todo en el análisis de las respuestas a cada una de las secciones de la encuesta recabada. No obstante, al despliegue de tablas con medias y su respectivo p-valor, desde mi perspectiva se desaprovecha la información en tanto no se cruzan variables. Tal vez mediante modelos ANOVAS, modelo de regresión, o estructurales, los autores tendrían recursos analíticos para poder hacer conclusiones de mayor calado y de discusión con otros autores.





Como se suele decir: la forma es fondo, por tal motivo se recomienda una revisión exhaustiva de estilo de redacción, evitando la repetición de términos como: "la revisión de literatura científica" o el abuso del término "industria 4.0" en el mismo párrafo.		
La bibliografía que soporta el trabajo, ¿más del 70% es no mayor de 10 años?	**Sí (X)**	No
Fuentes de consulta de investigación son pertinentes	**Sí (X)**	No
Número de autores (1. Adecuado/ 2. Excesivo)	**1 (X)**	2
¿La calidad, cantidad y organización de los datos presentados son consistentes con las conclusiones?	**Sí (X)**	No
La obra tiene limitaciones (teóricas, metodológicas, empíricas, etc.)	Sí	**No(X)**

Argumente los puntos anteriores

Es de resaltar la cantidad de revisión bibliográfica que la obra posee, se verifica que más de 70 % es menor a 10 años de antigüedad. Es de hacer notar que se debe realizar una revisión concienzuda en la citación. Sobre todo, fechas de autores que están en bibliografía mientras en el texto la fecha no corresponde, por ejemplo: Almada-Lobo, F. (2016) y Almada-Lobo, F. (2015).

Asimismo, se propone que se utilice la correcta citación en APA. Por ejemplo, el caso de INEGI. A continuación, se muestran ejemplos de distintas formas de citas para este Instituto:

1. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (s.f.) Derechohabiencia. Recuperado el 04 de julio de 2023, de https://www.inegi.org.mx/temas/derechohabiencia
2. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (2021, 23 de diciembre). Tasa de desocupación. https://ingei.org.mx/temas/empleo/
3. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (2021). Nuevo León [Mapa]. https://bit.ly/3GzyLFP
4. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. (s.f.). [Comercios al por menor de calzado en Apodaca, Nuevo León]. Denue. Recuperado el 04 de julio de 2023, de https://www.inegi.org.mx/temas/denue

Respecto a los elementos de validación de la escala utilizada, se recomienda presentar los estadísticos de alfa de Cronbach u omega de McDonald, lo anterior para asegurar la valencia de los resultados.

Por el lado de la sección teórica, el reto de los autores será compaginar la amplia teoría de la competitividad con las especificidades de la teoría de los recursos y capacidades.

Opinión. La obra ¿debe ser publicada?	SI	**SI con observaciones (X)**	No





Argumente
La obra es un muy buen compendio de la evolución y el desempeño de la industria 4.0 en varios sectores. Para elevar el nivel de análisis se recomienda realizar algunos ajustes estructurales, metodológicos y de forma.

DICTAMEN RAZONADO

Comentarios y/o recomendaciones sobre el contenido, calidad, originalidad, contribución y pertinencia por capitulo o sección: *(puede agregar más hojas)*

La obra tiene elementos interesantes en su contenido y posee calidad para su publicación. Sin embargo, además de las especificaciones arriba mencionadas, los y las autoras deben tomar en cuenta que el texto presenta un indicador de coincidencias de 38% utilizando el software *Ithenticate*, del cual se anexa archivo. Esto implica que es deseable un ejercicio de parafraseo y cuidado en la citación de párrafos, con la finalidad de disminuir a menos a un 20%, de acuerdo a las recomendaciones de dicho software.

Se recomienda incluir los objetivos, preguntas de investigación y si se considera pertinente promover una o varias hipótesis de trabajo.
Asimismo, sugiere incluir un apartado de discusión, donde se contrasten los hallazgos contra los resultados de la literatura revisada.

Si bien se enumeran dos teorías de soporte (competitividad; recursos y capacidades), en la estructura metodológica se plantea la medición de la industria 4.0 mediante siete tecnologías esenciales: (1) Cloud Computing; (2) Ciberseguridad; (3) Big Data Análisis; (4) Soluciones Avanzadas de Manufactura; (5) Realidad Aumentada; (6) Herramientas de Simulación y; (7) Impresión 3D.
Sin embargo, en los resultados solo se plantea estadística descriptiva para cada sector. Aquí se torna interesante una comparación de cada tipo de tecnología para cada sector investigado. Esto no sólo elevará el nivel de análisis, sino que situará a lo(a)s autore(a)s en posibilidad de explicitar comparativamente hablando cómo es que esta industria permea en cada sector.

Por último, con estas modificaciones la obra contará con elementos sustanciales que, sin lugar a duda la colocará como una referencia obligada en el tema.





DATOS DEL DICTAMINADOR

Nombre	Dr. Carlos Gabriel Borbón Morales
ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6073-6672
Doctorado en	Ciencias Económicas
Nivel SNI-CONAHCYT	Nivel I
Áreas de interés	Desarrollo Regional, Economía del comportamiento, Innovación y Mejora financiera, Cadenas agroalimentarias
Lugar de trabajo	Hermosillo, Sonora

Breve currículum:

Licenciado en economía, con especialidad en economía política, por la Universidad de Sonora, México.

Maestro en Ciencias Sociales, Especialista en Desarrollo Regional, por El Colegio de Sonora México.

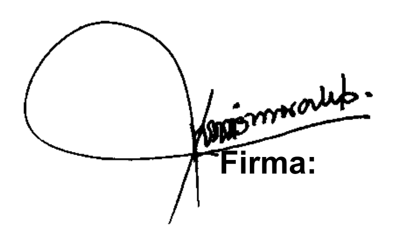
Doctor en Ciencias Económicas, por la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Campus Tijuana Baja California.

Profesor Investigador de Tiempo Completo, S.N.I nivel 1, adscrito al Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD, AC) en Hermosillo, Sonora, México. En las asignaturas de: Economía del comportamiento, estadística aplicada a la investigación.

Maestro de asignatura en proyectos de mejora e innovación financiera de la Maestría en Finanzas de la Universidad de Sonora.

Autor de más de 50 publicaciones y de presentaciones en congresos nacionales e internacionales. Director de más 15 tesis de licenciatura, maestría y doctorado

En sus publicaciones se plantean temáticas sobre aspectos de competitividad económica y redes valor agroalimentarias, en el sector forestal, ganadero, pesquero y de hortalizas de exportación. También ha desarrollado proyectos de análisis de mercado, logística comercial, eficiencia de costos económicos en la producción de hortalizas. Así como en proyectos de innovación y transferencia de tecnología en Agricultura Protegida, colaborando con Asociaciones de Productores de tomate en invernadero de: Sonora, Guanajuato, Nuevo León, Michoacán, Puebla, SLP, Chiapas, BCN y Sinaloa. Es consultor experto de FAO en cadenas agroalimentarias y pérdidas alimentarias. Además, desarrolla la línea de los determinantes de demanda y costo de viaje en turismo de áreas naturales protegidas.



Firma: